

第 4 章 教育ツールの模索

4-1 背景（教育ツールWG、部会）

第 1 章に示した趣旨で 3 つのワーキンググループが設置されて、それに従い教育ツールWGの活動を行ってきた。本章では、その活動について以下報告する。

(1) 活動の方向案

WGの活動方向として、当初、次の 2 つが考えられた。

- ① 資質・教育体系WGの検討結果から必要とされる教育ツールの検討
- ② 教育ツールWGに参加したメンバーが欲しいと思うツールの作成

(2) 活動方向の選択

後者の②は、WGメンバーの自主性を重要視したもので、実際のワーキングの活動は、この方向で始まった。すなわち、各メンバーが欲しいツールについて意見を出し合い、その中からテーマを設定し、ツールの検討を始めた。しかしながら、全体部会で中間報告を行なうと、WGメンバーが欲しいと思うツールは、日常業務ですぐに役に立つ、便利さを追求したものが多く、平成 14 年度版の示方書が出て間もない時期でもあったので、示方書に関するものもあった。そのため、現在の道路橋示方書の枠内にあるとの批判を受け、道路橋示方書に縛られない発想ができる技術者を育成するツールを作成することが要請された。

この全体部会の要請とメンバーが作りたいと思うツールとの乖離の中で、下記のテーマが取り上げられてきた。

- 1) 性能照査型設計への対応
- 2) 材料・性能の特性を活かした構造を考える
- 3) インターネットの利用
- 4) 読んで欲しい書籍の紹介
- 5) 感動アンケートの結果紹介
- 6) 橋梁専門講座の設置
- 7) ブリッジコンテスト
- 8) 基本資料の最新版の作成（デザインデータブックなど）

以下にまずその概要を記す。

1) 性能照査型設計への対応

既に終了している鋼橋の性能設計研究部会（杉山部会長）の報告書（CDR）で、橋の性能をCGで分かりやすく説明している。このバージョンアップを行なうことを計画した。既に配布されているCDRは、大学で橋梁を学ぼうとする学生や、橋梁分野の仕事についてま

もない技術者にとっては、有効な教育ツールになることがわかった。これに対して、10年前後活躍している技術者が性能設計に対する理解をより深められるようバージョンアップさせることが課題としてあがった。

当初、現場における性能設計の事例を収集することから始めたが、まとめるまでに至らなかった。また、山梨大学の杉山教授から性能照査型設計に関する最近の話題の提供があり、学習する機会をもった。その場では、部材の性能を評価した上で、構造全体の性能をどう把握するかという議論もあった。

本部会活動では、CDRのバージョンアップは今後に委ねることにして、バージョンアップするための視点を本報告書ではまとめておくことにした。

2) 材料・性能の特性を活かした構造を考える

形鋼によるコスト縮減は既に行なわれている例があるが、これを用いることでさらにどのような縮減方法があるか、海外の事例も参考にしながら、模索することが提案された。この取り組みについては、東海大学の鋼管を用いた橋梁構造の取り組みと合流して、「教育現場における工夫事例」として、紹介する。

3) インターネットの利用

インターネットの活用は急速に普及している。そこで、橋に関してどのようなホームページがあるかをまとめてみることにした。この他、部会からの課題も考慮に入れて、インターネットで調べると橋梁工学に関連してどんな情報が得られるか調査したところ、構造力学を目と計算で学ぶツールの紹介などがあることが分かった。

4) 読んで欲しい書籍の紹介

世の中には橋に関する書籍は多く出回っている。この多くの書籍の中から、各技術者が必要とする書籍を見出す時の手がかりを作ることを考えて、これらの書籍に関するアンケート調査を行なった。また、この調査では、どんな教育ツールが必要とされているかの調査も行なった。すなわち、以下の3つの視点から調査し、書籍の選定では、選定する理由も調査することとした。

- ① 教育用ツールとして是非あると良いと考える類の本
- ② 橋梁技術者が読んでおくべき本
- ③ 橋梁技術者が読んでおくとよい本

5) 感動アンケート

橋梁技術者がどんな時に感動したかを調査すれば、橋梁に関する仕事に携わる魅力をもっと認識することができ、これを教育に活かすことができるのではと考え調査を行った。この

結果については前述している。

6) 橋梁専門講座の設置

本研究部会の活動が始まった初期において、今後建設される橋梁の数から考えると、必要な技術者数は試算できる。これに対応して橋梁専門講座の設置数を決めることが可能である。一方で、橋梁を建設する人以外に対しても橋梁について理解を得るための橋梁の授業は必要であるなど、議論は尽きなかった。ただ、橋梁技術者は一朝一夕には育たないことは確かであり、かつ、橋梁に多くの授業時間を割くことができなくなりつつある教育の現場の実態もあるため、教育ツールではないが、本件について本章にて記述することとした。

7) ブリッジコンテスト

全体部会から要請のあった、示方書に縛られない技術者を育成する立場からは、ブリッジコンテストの実施が一つの解決策だとの発案から、ブリッジコンテストを企画することにした。これに関しては、夢・アピールWGが担当することになった。

8) 基本資料の最新版の作成（デザイン・データブックなど）

アンケート「教育用ツールとして是非あると良いと考えるもの」の回答結果からは、鋼橋の分野では、適宜改定されてきているデザイン・データブック（日本橋梁建設協会発行）が注目される。技術は日進月歩で改良されるので、時代の最新情報を把握する必要がある。このため、最新版に対する要請は高いものと考えられる。現在の IT 環境の下では、インターネットによる情報の収集が最新版の入手の一手法と考えられる。

(3) 活動成果

全体部会での意見を反映すべく道路橋示方書に縛られない発想ができる技術者を育成するための教育ツールの作成が試みられた。しかしながら、WGメンバーの自主性を重要視したため、活動は必ずしもこの目的に 100%合致した方向では進まなかった。さらに、WGツールとして完全な形としてまとまるまでには至らなかったものも多かったが、WGで議論されたことが次に繋がる可能性を残すため、活動報告として記録に残すことにした。

そこで、教育ツールWGの成果は、以下の構成で作成することになった。

- ① インターネットやコンピュータソフトの活用
- ② 性能照査型設計への対応
- ③ 橋梁技術者教育におけるアイデア
- ④ 教育現場における工夫事例
- ⑤ 教育ツールに関するアンケート調査

①は上述のインターネットの利用に対する成果である。

②には、すでに鋼橋技術研究会の成果として出版されているCDRのバージョンアップを想定して、バージョンアップをするときの考え方をまとめた。

③は、教育ツールとして完成していないが、教育ツールとして参考になることを期待してWGで検討したことを記録として残すことを試みた結果である。当初、教育現場における工夫事例としてまとめる計画であったが、工夫事例というより、全体部会やWGにおいて議論された「橋梁技術者教育におけるアイデア」に近いので、このようなタイトルに変更した。一方、ブリッジコンテストへの応募を契機として、技術の伝承や模型作りという点からも取り上げ、さらに、本WG活動の一環として調査検討した東海大学の「材料からの橋梁形式アプローチ」について、④教育現場における工夫事例として、紹介することにした。これも、橋梁技術者教育におけるアイデアの一つであるが、学生による模型作成を通じた構造実現へのアプローチと実務者による設計からのアプローチという形で、実現可能性の照査を部会活動の一環として取り組んだので、橋梁技術者教育におけるアイデアよりも報告を充実させることにした。

⑤は、(2) 4)で述べた読んで欲しい書籍のアンケート結果の報告である。

4-2 インターネットやコンピュータソフトの活用

IT の普及により、インターネットを通じて様々な情報を得られるようになった。土木関係、鋼橋の分野も例外ではなく、各種団体、企業、個人が WEB サイトを運営し様々な情報を公開している。

本項では、WEB 上で公開されているホームページに着目して、技術者育成の補助となる WEB サイト、鋼橋や周辺分野の基礎知識を公開している WEB サイトを、「教育支援ツール」、「業務支援ツール」、「鋼橋関係の基礎知識」の3つのカテゴリーに分類し、表形式にて次頁以降で紹介する。

1) 教育支援ツール

構造力学をわかりやすく理解するための補助ツールとして活用できる『構造力学入門ソフトウェア』やスキルアップを目指したウェブセミナーを開催している WEB サイト等を取り上げた。

2) 業務支援ツール

鋼橋に関する専門サイトで、設計や製造に関する情報を得られるほか鋼橋関連製品が掲載されている『鋼橋ネットサービス』や各種企業が運営する土木、コンクリート等に関する WEB サイト等を取り上げた。

3) 鋼橋関係の基礎知識

各種団体や個人で運営されている WEB サイトの中から特徴のある情報が掲載されている WEB サイトを取り上げた。また、土木専門用語や IT 専門用語を調べられる WEB サイトを取り上げた。

紹介する WEB サイトのうち、『構造力学入門ソフトウェア』と『鋼橋ネットサービス』は、管理者から本報告書掲載の許可を得たので、その一部を掲載する。

その他のホームページについては、上記手続きを経っていないので、表示画面の掲載は見合わせることにする。

なお、紹介するホームページは限られた時間の中で調査したものであり、これら以外にも鋼橋や周辺分野に関するホームページが多く存在することを付記する。

教育支援ツール

| ホームページ名 | 形態 | 専門 | 備考 | 主催・管理者 | アドレス |
|---------------|------------|------|--|---------------|---|
| 構造力学入門ソフトウェア | WEB 上ソフト | 構造力学 | 構造力学を視覚的に体感できる補助ツール。WEB 上のソフトを操作することで、トラスや梁、ラーメンの変形が一目でわかる。 | 名古屋工業大学市之瀬研究室 | http://kitten.ace.nitech.ac.jp/ichilab/mech/ |
| 失敗知識データベース | データベース検索 | 多分野 | 科学技術分野の事故や失敗の事例をデータベース化。 | 科学技術振興機構(JST) | http://shippai.jst.go.jp/fkd/Search |
| WEB ラーニングプラザ | WEB 学習システム | 多分野 | 技術者の継続的能力開発や再教育の支援。社会基盤や総合技術監理等の分野がある。無料の学習者登録が必要。 | 科学技術振興機構 | http://weblearningplaza.jst.go.jp/ |
| civil.eye.com | WEB セミナー | 建設 | 建設技術者ためのスキルアップ WEB セミナー、大学の先生による講座。 | CRC リュウショウ | http://www.civil-eye.com/ |
| 日本建設情報総合センター | WEB セミナー | 建設 | WEB セミナーでは、CALS/EC 講座等、kids コーナーは子供向けの建設に関するリンク集。一部有料サービス有り。 | JACIC | http://www.jacic.or.jp/ |

業務支援ツール

| ホームページ名 | 形態 | 専門 | 備考 | 主催・管理者 | アドレス |
|-----------|---------------------|--------|--|----------------|---|
| 鋼橋ネットサービス | 鋼橋の専門サイト | 鋼橋 | 鋼橋専門サイト。WEB 設計計算ソフトや橋梁の付属物ライブラリ、補修補強ライブラリ等。一部無料の会員登録が必要。 | 横河技術情報 | http://www.e-bridge.jp/ |
| いさぼうネット | 土木情報サイト | 土木 | 土木情報サービス。個人登録(無料)は制限有り。有料登録が必要なページ有り。 | 五大開発株式会社 | https://isabou.net/ |
| コンプロネット | コンクリートの専門サイト | コンクリート | 疑問・質問ホットラインは、掲示板方式のコーナー。コンクリート実学講座は技術者や大学の先生による講座。 | 企画運営：セルテック株式会社 | http://www.con-pro.net/ |
| 技術の森 | 生産(設計、開発、加工)に関するサイト | 生産関係 | 掲示板方式でトラブルや悩みを相談。 | 株式会社 NC ネットワーク | http://mori.nc-net.or.jp/EokpControl?event=TE0001 |
| 建設 MiL | 建設資材の検索サイト | 建設 | 建設資材等のデータベース検索。 | 建設物価メディア株式会社 | http://www.k-mil.net/index.html |
| KEN-Platz | 土木建築のニュースサイト | ニュース | 建設関係のニュース等 | 日経 BP 社 | http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/ |
| 日刊産業新聞 | ニュースサイト | ニュース | 鉄鋼ニュース等 | 産業新聞社 | http://www.japanmetal.com/ |
| 建設図書 | 企業のホームページ | 建設出版物 | 橋梁と基礎の年間総目次を掲載 | 建設図書 | http://www.kensetutosho.com/ |

鋼橋関係の基礎知識

| 団体名 | 形態 | 専門 | 備考 | 主催・管理者 | アドレス |
|--------------------|------------------|--------------|--|-----------------|---|
| 鋼橋技術研究会 | 団体ホームページ | 鋼橋 | 「鋼橋とは」で、鋼橋の歴史や特徴、設計方法の概要を掲載。 | 鋼橋技術研究会 | http://www.kougiken.com/ |
| 土木学会 | 団体ホームページ | 土木 | 「土木って何？」では、一般向けに橋に関する豆知識を掲載。 | 土木学会 | http://www.jsce.or.jp/collection/frameaset.htm |
| 日本橋梁建設協会 | 団体ホームページ | 鋼橋 | 「古今東西の橋」では(社)鉄道貨物協会発行「JRかもつ」の記事を転載、「橋づくりの歴史」で鋼橋の歴史を解説。 | 日本橋梁建設協会 | http://www.jasbc.or.jp/ |
| 日本鉄鋼連盟 | 団体ホームページ | 鋼 | 「鉄を知る」では、鋼を作る過程を写真やアニメーションで解説。その他「いろいろな鉄」「鉄鋼の一口知識」で鉄に関する基礎知識を掲載。 | 日本鉄鋼連盟 | http://www.jisf.or.jp/ |
| あれれ・・・の橋梁製作 | 個人のホームページ | 鋼橋の生産設計 | 鋼橋の原寸(生産設計)に関する情報 | あれれ・・・氏 | http://ww3.enjoy.ne.jp/~smo321/ |
| 構造屋さん修行中 | 個人のホームページ | 建築, 構造力学(基礎) | 建築系の管理人によるホームページ | かずう氏 | http://koko.milkcafe.to/ |
| ユニークな橋のホームページ | 企業のホームページ内のリンク集 | 橋梁 | さまざまな橋に関するホームページのリンク集 | 松尾橋梁(株) | http://www.matsuo-bridge.co.jp/japanese/index/kanren/to-home.htm |
| ザ!建設クイズ | 企業のホームページ | 建設 | 建設分野に関係するクイズ | ナラサキ産業 | http://narasaki.co.jp/quiz/ |
| 建築・土木用語辞典 | 企業のホームページ | 建築・土木 | 建築・土木関係の用語集。無料会員登録が必要 | 建築資料研究社 日建学院 | http://www.ksknet.co.jp/yougo/ |
| 建辞苑 | 辞書サイト | 建設 | 建設関係の用語集。 | でめくん | http://kenjien.hp.infoseek.co.jp/ |
| 建設用語小事典 | 辞書サイト | 建設 | 舗装現場用語等。 | 渡辺組 | http://www.watanabegumi.co.jp/pavements/knownledges/cod_.html |
| 現場で使える!土木・建設用語辞典 | 辞書サイト | 建設 | 土木, 建設, 建設機械等の用語集。 | kanamoto | http://www.kanamoto-yogo.net/index.html |
| Internet Resources | 辞書、翻訳、用語等のリンクサイト | その他 | 辞書・翻訳サイトの紹介。 | 不明 | http://www.kotoba.ne.jp/ |
| IT用語辞典 e-Words | 辞書サイト | IT | IT用語集。 | (株)インセプト | http://e-words.jp/ |

構造力学入門ソフトウェア

Structural Mechanics Programs



ホーム

ソフトウェア

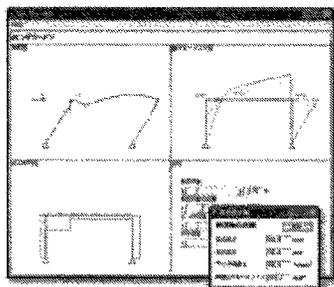
動作環境

ダウンロード

マニュアル

サポート

構造力学入門ソフトウェアへようこそ



構造力学入門ソフトウェアは、建築・土木分野における構造力学教育を、現在よりも簡単に、わかりやすく理解してもらうための補助ツールとして、開発しています。

構造力学入門ソフトウェアには構造力学の各分野に応じて開発されたプログラム群とそれらを利用するためのマニュアルとで構成されています。プログラムはSun

Microsystems のJava Technology で動作するため、いかなるプラットフォーム上でも特別なインストールなしで、実行することができます。また、活用マニュアルである「ホームページで学ぶ構造力学」は、プログラムの使用方法とともに、プログラムを使用して、効率的に構造力学を学習できるように作成されています。

構造力学をはじめて学ぶ方や、構造力学が分かりにくく苦手だった方にも楽しく構造力学を学習することができます。今すぐ[体験](#)してみてください。

ダウンロード

すべてのプログラムを一度にダウンロードすることができます。ダウンロードするとインターネット接続環境が整っていない場合でも、プログラムを実行することができます。すべての環境で実行できます。

ダウンロードの詳細およびダウンロードは、[ダウンロードのページ](#)をご覧ください。

関係機関へのリンク

- [名古屋工業大学](#)
- [市之瀬研究室](#)
- [鉄筋コンクリート構造](#)
- [Java Technology](#)
- [Sun Microsystems](#)
- [技報堂出版](#)

What's New!

» 2005/08/03

- [Release] [座屈解析](#)のソフトウェアを公開しました。

» 2005/05/25

- [Info] [構造力学入門ソフトウェアのパンフレット\(1.98MB\)](#)を作成しました。

» 2005/02/14

- [Bug] [ホームページで学ぶ構造力学のCD-ROM](#)でソフトウェアの表示がされない問題についての対処方法を記述しました。

» 2004/11/30

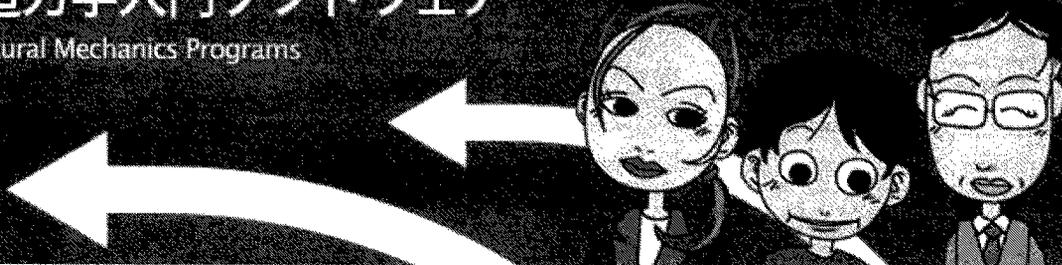
- [Info] [新しい構造力学入門ソフトウェアのサイト](#)を公開しました。
- [Release] [ホームページで学ぶ構造力学](#)が出版されました。

ホーム

English | Copyright © 2000-2005 Nagoya Institute of Technology, Ichinose Laboratory.

構造力学入門ソフトウェア

Structural Mechanics Programs



ホーム

ソフトウェア

動作環境

ダウンロード

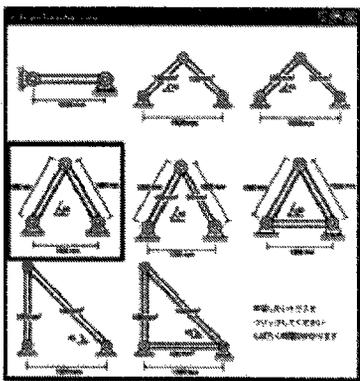
マニュアル

サポート

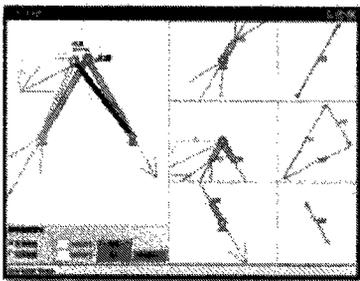
プログラムの実行

クリックしてください

トラス入門プログラムの特長



トラス入門プログラムは、トラスについて仮想的な載荷実験を行い、軸力と変形、変位を表示します。部材の構成、種類の異なるトラスが8種類あり、実行したいトラスをクリックすると、そのトラスに対応した実行画面が表示されます。



実行画面では、トラスの軸力、変形図、示力図などを表示します。

- 各節点をドラッグすることで、外力を加えることができ、ドラッグに合わせて連続的にトラスの変形状態を表示します。(図右側)
- 各節点周りの部材を切断することで、その部材に生じる軸力を示します。(図真中)
- 各節点での力の釣合いを表示するために、各節点における示力図を示します。(図右側)
- 部材の強度を応力度で設定でき、その強度に達すると部材の色が変化します。

力のつりあいの表示と共に、軸力の作用を部材の伸縮で視覚化してあるため、トラスの入門として使用できます。

起動しない場合には

Java がインストールされてないか、有効になっていない可能性があります。インストール方法および、動作環境の詳細については動作環境をご覧ください。

また、Windows XP についてはJava をはじめにインストールする必要があります。

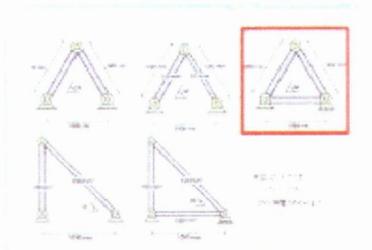
プログラムリスト

- トラス入門
- トラス解析
- 梁の変形
- 断面2次モーメント
- 片持梁
- 屈折梁
- 柱付梁
- 門形ラーメン
- 多層骨組
- 3 ヒンジラーメン
- モールの応力円
- モールのひずみ円
- 座屈解析



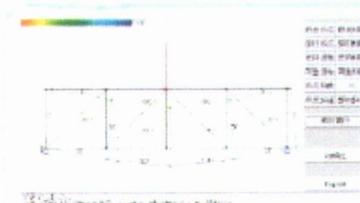
構造力学入門ソフトウェア: <http://kitten.ace.nitech.ac.jp/ichilab/mech/>

構造力学教育Applet



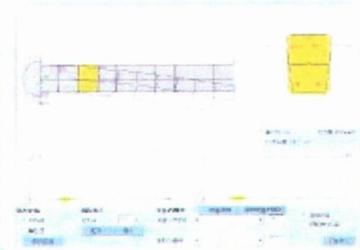
Truss

トラス入門



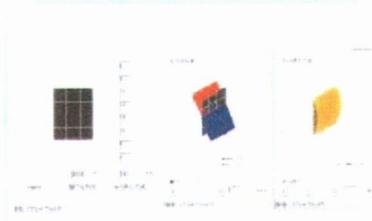
Analysis Truss

二次元トラス解析



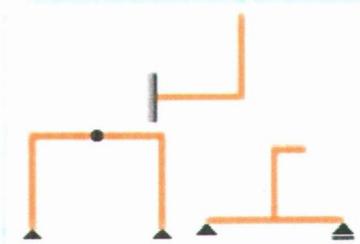
Bending Beams

梁の変形



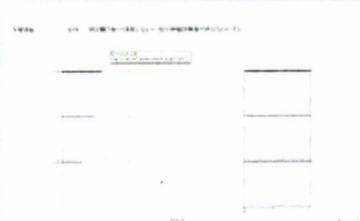
Inertia

断面二次モーメント



Statically Determinate Structure

静定構造物



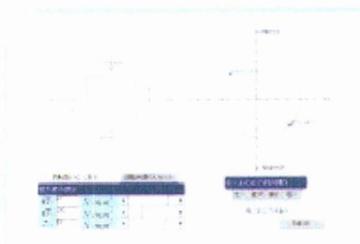
Multi-Storey Frame

多層骨組



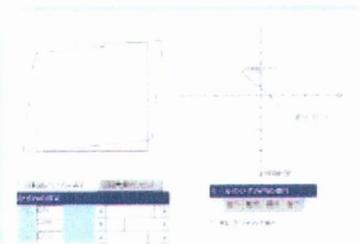
Cantilever Beam

斜め荷重を受ける片持ち梁



Mohr's stress circle

モールの応力円



Mohr's strain circle

モールのひずみ円



- ・ 会員登録(無料)をすると全てのサービスがご利用頂けます。
- ・ また会員には、新着情報やイベント情報をメールにてご案内します。



鋼橋の設計・製造・調達・架設などの鋼橋技術者の業務を支援します。

鋼橋ネットサービスとは | ご利用にあたって | 会員登録 | 会員規約 | 会員登録変更等 | FAQ | ご意見箱

橋梁業界ニュース
 <提供:日経BP KEN-Platz>
 【2005-11-04】四国地方整備局が景観アドバイザーを決定
 【2005-11-04】中国地方整備局が自治体に工事成績解定システムを提供
 【2005-11-01】表面含浸材は微細なひび割れに効く?
 ▼すべて表示

技術情報ニュース
 「道路橋の講習会」講習会資料
 CALS/EC 電子納品に関する要領・基準
 「ガイドライン型設計適用上の考え方と標準図集」誤植訂正
 '01デザインデータブック誤植訂正
 「鋼道路橋の疲労設計指針」正誤表
 「落橋防止システム設計の手引き」誤植訂正
 「橋梁架設工事の積算(平成17年度版)」発刊(正誤表あり)

サブメニュー
 鋼橋イベント情報 up
 鋼生研技術資料
 鋼橋関連サイト up
 入札情報サイト
 橋のギャラリー
 ビジネス便利サイト

PR広告募集中!
 付属製品紹介
 補修工法紹介
 専門会社紹介
 メール広告 up

コミュニケーション
 鋼生研設計部会掲示板
 グループウェアソフト

What's New!

| | |
|------------------------------|---|
| 2005-11-02 ニュース | 鋼橋イベント情報を更新しました。 |
| 2005-10-06 架設関係ソフトウェア | 架設積算ソフトの評価版の使用期限を2006/02/28までとしました。 |
| 2005-09-15 道路・橋梁・鉄骨関係の専門会社紹介 | 「土木設計会社紹介」に(株)マック設計様を追加登録しました。 |
| 2005-09-14 設計技術情報 | 島田静雄先生著「易しくないコンピュータプログラミング」を掲載しました。 |
| 2005-09-06 道路・橋梁・鉄骨関係の専門会社紹介 | 「鉄骨図面作成会社紹介」に(株)三栄プロット様を追加登録しました。 |
| 2005-09-01 道路・橋梁・鉄骨関係の専門会社紹介 | 「土木設計会社紹介」に(有)中野設計事務所を追加登録しました。 |
| 2005-09-01 橋梁の付属物製品ライブラリー | (株)橋梁メンテナンス様の「鋼製ジョイント止水工法 KM water guard工法」を追加しました。 |

▼すべて表示

| | | |
|------|------------------------------------|--------|
| 橋梁全般 | 橋梁の付属物製品ライブラリー up | フリー |
| | 支承、伸縮装置、落橋防止、防護柵などの付属物の製品情報を紹介します。 | |
| 橋梁全般 | 橋梁およびコンクリートの補修・補強ライブラリー | フリー |
| | 補修・補強に関する工法・製品・検査法を紹介します。 | |
| 橋梁全般 | 道路・橋梁・鉄骨関係の専門会社紹介 | フリー |
| | 道路・橋梁・鉄骨関係の事業に従事している企業を紹介します。 | |
| 鋼橋設計 | 設計技術情報 | 一部会員向け |
| | 鋼橋の設計、解析、CAD、論文などの技術情報を紹介します。 | |
| 鋼橋設計 | WEB設計計算ソフト | 会員向け |
| | 橋梁設計でよく使われる計算をWEB上でサービスするものです。 | |
| 鋼橋設計 | WEB設計受託サービス | 会員向け |
| | 鋼橋の詳細設計を従来より約40%割安で受託するサービスです。 | |
| 鋼橋生産 | 生産技術情報 | 一部会員向け |
| | 鋼橋の原寸、製作に関する技術情報を紹介します。 | |
| 鋼橋生産 | WEB原寸見積サービス | 会員向け |
| | 鋼橋の原寸受託についてWEBで自動見積りを行うサービスです。 | |
| 鋼橋架設 | 架設技術情報 | フリー |
| | 橋梁の架設に関する技術情報を紹介します。 | |
| 鋼橋架設 | 架設関係ソフトウェア up | フリー |
| | 鋼橋の架設工事積算ソフトの紹介です。 | |

Google 検索

C WWW を検索 © e-bridge.jp を検索

お問い合わせ: ebadmin@e-bridge.jp



設計技術情報のご利用にあたって

- このマークのコンテンツは会員のみご利用いただけます。
- このマークのコンテンツは全ての方にご利用いただけます。

会員ログインと会員登録

- 会員の方は ホーム からログイン後にご利用願います。
- 会員登録をご希望の方は [こちら](#) で登録手続き願います。

更新履歴

- ◇ 2005-09-14
島田静雄先生著「易しくないコンピュータプログラミング」を掲載しました。
- ◇ 2005-07-08
(株)構研企画様より伸縮装置のCADファイルの掲載や、伸縮装置図形の作成サービス(無料)のご案内を掲載しました。
- ◇ 2005-01-17
島田静雄先生著「易しくない橋梁工学」のすべての原稿を掲載しました。
- ◇ 2004-06-22
島田静雄先生の「易しくない橋梁工学」の掲載をはじめました。
- ◇ 2004-03-01
「橋梁用IME辞典 2003」「橋梁技術論文の日本語規定」などを追加しました。

鋼橋の設計、解析、CAD、論文などの技術情報を紹介します。

橋梁の設計業務における技術的な内容に絞ったコンテンツを紹介します。本ページは、橋梁業界の関連団体などのご協力も頂いており、今後とも内容の充実を図っていく予定です。なお、本ページに記載されている情報に関する責任については、一切負いかねますので予めご了承ください。また、提供先が書かれている内容についてのお問合せはできませんので、ご了承ください。

設計技術

- [新しい鋼材・鋼橋](#)
(更新日 2001-10-01)
提供:(社)日本鉄鋼連盟
- [新しい鋼橋](#)
(更新日 2001-10-01)
提供:(社)日本橋梁建設協会
- [橋梁年鑑](#)
提供:(社)日本橋梁建設協会
- [特殊部の設計計算事例](#)
(更新日 2001-10-01)
- [疲労設計計算事例](#)
(更新日 2002-10-03)
- [波形鋼板ウェブ合成構造](#)
提供:波形鋼板ウェブ合成構造研究会
- [材料諸元表](#)
(更新日 2003-09-22)
- [SI単位系の換算](#)
(更新日 2004-03-01)

島田の橋梁工学あれこれ

- [易しくない橋梁工学](#)
(更新日 2005-01-22)
提供:名古屋大学名誉教授 島田静雄
- [易しくないコンピュータプログラミング](#)
(更新日 2005-09-14)
提供:名古屋大学名誉教授 島田静雄

解析技術

- [耐震解析の解説書](#)
(更新日 2002-03-08)
- [構造解析事例](#)
(更新日 2002-05-13)
- [耐震解析 Q&A](#)
(更新日 2003-11-11)

技術論文検索

- [橋梁フェブの技報](#)
提供:(社)日本橋梁建設協会
- [土木学会の書籍・論文集](#)
提供:(社)土木学会
- [科学技術論文検索IOJS](#)
提供:科学技術振興事業団

CAD作図

- [鋼橋上部工CAD部品集](#)
(更新日 2001-10-01)
- [土木CAD部品集](#)
提供:CivilCom
- [鋼橋用AutoCAD初心者マニュアル](#)
(更新日 2003-04-25)
提供:(株)横可ブリッジ
- [構造詳細標準図集](#)
(更新日 2003-09-02)
提供:(株)横可ブリッジ
- [伸縮装置止水ゴムパッキン・形鋼](#)
(更新日 2005-07-08)
提供:(株)構研企画

業界ニュース・雑誌情報

- [建設総合サイト KEN-Platz](#)
提供:(株)日経BP
- [橋梁と基礎](#)
提供:(株)建設図書
- [鋼構造ジャーナル・鉄構技術](#)
提供:(株)鋼構造出版

新技術・製品・工法

- [新技術情報NETIS](#)
提供:国土交通省

橋の学習

- [橋梁の英和・和英辞典](#)
(更新日 2002-01-22)
- [建築・土木用語辞典](#)
提供:(株)建築資料研究社
- [橋梁専門用語 IME辞書](#)
(更新日 2004-03-01)
会員向けに変更しました。
- [橋梁技術論文の日本語規定](#)
(更新日 2004-03-01)

4-3 性能照査型設計への対応

(1) 性能照査型設計への部会での取り組みの経緯

性能照査型設計への対応は、前述したように思うように進まず、報告書のまとめ方の議論の段階で、色々な意見が交わされた。そのため、この経緯を説明してから、(2)に「性能照査型設計の理解を深めるためのツールへ」としてまとめる。また、まとめ方の議論の段階で出された意見の一部を(3)として収録した。

1) 性能照査型設計を想定した鋼橋の性能紹介ツール

鋼橋の性能設計研究部会（1998～2001年度活動）・鋼橋の部材が有する性能および特徴抽出WGでは、4-1(2)1)に述べたように、利用の対象として土木工学を専攻している学生や鋼橋に携わる企業の新入社員などを想定し、鋼橋の各部材に着目し、以下の4つのことを念頭において、「鋼橋のカタログ」を作成することを目的として活動がなされた。

- ① 鋼橋の役割や特徴を洗い出すこと、
- ② 部材の形式毎の長所・短所を示し、その性能を浮き出させること、
- ③ 形式選定にも利用できる資料とすること、
- ④ できるだけ多くの写真や図表等のデータを加え分かりやすく気軽に利用できる資料とすること

この成果はCDで配布され、鋼橋技術研究会のHPからもリンクできるようになっている。

しかしながら、この「鋼橋のカタログ」から性能設計を理解するにはまだ十分ではないことから、本節で示すような事項などを追加することにより、より内容の充実したものにしていく必要がある。

2) 部会での経緯

当初、性能設計の理解を豊かにするため、過去において使える基準がなかった場合にどのように安全性すなわち性能を証明しているか、事例を調査することを試みた。当時の記憶では、最近でも、補修・補強において使える基準がまだ整備されていない現実で、個々の技術者の工夫で安全性すなわち性能を証明され、その時、証明手法として、以下の3つが採用されていたように記憶している。

- ① 実績
- ② 実験
- ③ 解析

性能照査型設計に対する関心は高く、部会が始まった時点で、杉山部会員を講師と

して勉強会が行われ、熱のこもった意見交換が行われた。しかしながら、ツール WG では盛りだくさんの課題の中で、本成果をまとめるに至らなかった。

そこで、当時の講義の内容を基に前述の CD のバージョンアップのための資料を(2)のようにまとめた。最終部会において、これに対して、様々な意見が出る中、現時点で定説のない対象だけに、最終的に、現時点では適当なところで折り合いをつけて書くしかないという結論に至った。このときの議論ないし最終部会後の報告書をまとめる段階で寄せられた意見を(3)に収録する。これらの意見についても検討し、次回 CD を作成することが望まれる。

(2) 性能照査型設計の理解を深めるためのツールへ

1) 性能照査型設計の定義、長所と課題

性能照査型設計の定義に関しては、現時点では必ずしも確立しているわけではないが、概ね、「設計された橋の保有する性能が、要求された性能レベルさえ満足していれば、どのような構造形式や構造材料、構造解析手法、架設工法を用いてもよい設計法」と言えよう。性能照査型の設計法が導入されると、例えば次の利点がある。

①設計者の創意工夫を十二分に活かすことができる、

②実際に設計され架設された橋がどのような性能を保有しているのかを知ることができる

ただし、要求する性能レベルをどのような方法で算出し、どのような値にすればよいのか、設計された橋の保有する性能を如何に検証するかは極めて難しい問題であり、この設計法が普及するには、今後の研究成果を待つところが大きい。

2) 性能照査型設計提唱の背景¹⁾

土木構造物や建築構造物のような構造物が保有する性能、すなわち、さまざまな荷重下での構造物挙動は必ずしも明確ではない。これは、以下の理由等により、構造物の性能を明確に評価するための技術が体系的に確立されてこなかったことが原因と考えられよう。

① 従来の設計体系では、決められた手順をたどる設計を行えばよく、設計者は、自分で設計した構造物の性能を必ずしも把握していない

② 構造物の性能は大きな外力が作用した時に初めて明らかになることが多いが、発生が希な外力の特性や大きな外力が作用した時の構造物の挙動の予測は容易でない

③ 既存の構造物の大半は際立った支障が生ずることなく供用に耐えてきており、

ある程度の安全性等が現行の設計規準で確保されていると考えられる

- ④ 一般市民の間には構造物が安全であることは当然との認識があり、コストと構造物の保有する性能とのバランスが必ずしも認識されていない

例えば、平成14年3月版より前の道路橋示方書では、使用する材料の種類や最小寸法、あるいは、基準式等が規定されている場合もあり、いわゆる仕様規定方式の設計基準となっている部分も見受けられる。また、同示方書では許容応力度設計法のフォーマットが採用されていることから、安全性や使用性のレベルを定量的に把握することは容易でなかった。

設計体系のあるべき本来の姿は、設計者は設計した構造物の性能を十分に把握して構造物の性能に関する情報を利用者に提供し、その性能を利用者が価値判断の材料として用いることができる状態と考える。こうした技術的側面からみた現行設計規準の欠点を克服するための1つの方法として提唱されてきているのが性能照査型設計(略して性能設計 **performance-based design**)である。

ただし、性能設計が提唱されてきた背景としては、前述の技術的側面からの要請というよりは、むしろ以下に述べる社会的・経済的側面からの要請の方が強かったことは否めない。1990年代に入り、経済活動の国際化の傾向が強まり、1995年には「貿易の技術的障害に関する協定」(WTO/TBT)の締結がなされ、1996年2月には日米包括経済協議における建築分野への規制緩和と要求が米側からなされた。また、国際標準化機構(ISO: International Organization for Standardization)による国際規格等の性能規定化が促進されてきたこととも相俟って、我が国の建築分野では精力的な研究活動がなされた²⁾。そして、建築基準法が1998年5月に性能規定化を意図した設計基準に改正され、性能表示制度、瑕疵保証制度、紛争処理体制を3本柱とした住宅の品質確保の促進等に関する法律が2000年6月より施行されている。

一方、土木分野でも、1995年1月に阪神・淡路大震災に遭遇し橋梁の耐震性能評価の必要性が認識され始めたのを契機として性能設計への移行の必要性が認識され、1996年12月に改訂された現行道路橋示方書・V耐震設計編³⁾では、橋の耐震性能が、例えば「特に重要度の高い橋(B種の橋)は、橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動に対して、限定された損傷にとどめる」というように記載され、性能設計を部分的に取り込んだものとなっている。その後、新技術開発など設計者の創意工夫の活用・工期短縮・建設コスト縮減・性能を明示することによる国際化対応を目指す性能設計の導入が、景気の低迷に伴う建設投資額の縮減という経済的な動向を見据えながら積極的に検討され、平成14年3月版の道路橋示方書⁴⁾では、従

来の仕様規定型の条項を残しつつも性能照査型設計を指向した記述に書き改められている。

3)性能照査型設計移行後の設計および照査方法

これに関してはまだ確立されてはいないが、要求性能に応じて限界状態が設定され、その限界状態に達しないように設計ないし照査される。「限界状態」の定義に関しては、表1に示すように、様々な定義がなされており、必ずしも統一が取れている訳ではないが、ここでは、特に「橋」に着目し、以下のように定義する。

a) 橋の限界状態

橋がその要求性能に対して、それを超えると要求性能を満足できなくなる状態を限界状態と言うが、橋に関連する限界状態は、主として以下の2つに大別される。

- ① 終局限界状態・・・安全性（耐久性を含む）に関する限界状態で、それを越えると耐荷性能、変形性能などを失って破壊する。
- ② 使用限界状態・・・通常の使用性に関する限界状態で、それを越えると使用性を喪失する。

表1 各文献における限界状態の定義の比較

| 文献番号 | 終局限界状態 | 使用限界状態 |
|------|--|---|
| 1 | 安全性(耐久性を含む)に関する限界状態で、それを超えると耐荷性能、変形性能などを失って破壊する。具体的には、剛体的安定限界、破壊限界、降伏限界、変形限界、変位限界、塑性崩壊、座屈限界、疲労限界等がこれに含まれる。 | 通常の使用性に関する限界状態で、それを越えると使用性を喪失する。具体的には、損傷限界、振動限界、ひびわれ限界、変位限界、変形限界、疲労限界等がこれに含まれる。 |
| 2 | 構造物または部材が破壊したり、転倒、座屈、大変形等を起こし、安定や機能を失う状態 | 構造物または部材が過度のひび割れ、変位、変形、振動等を起こし、正常な使用ができなくなったり、耐久性を損なったりする状態 |
| 3 | この限界を超えると、構造物または部材が破壊したり、転倒、座屈、大変形等を起こし、安定や機能を失う状態 | この限界を超えると、構造物または部材が過度の振動、変位、変形、ひび割れ等を起こし、正常な使用ができなくなったり、耐久性を損なったりする状態 |
| 4 | 構造物または部材が破壊したり、大変形、大変位等を起こし、機能や安定を失う状態 | 構造物または部材が過度の変形、変位、振動等を起こし、ひび割れ、変位、変形、振動等を起こし、正常な使用ができなくなる状態 |
| 5 | 作用荷重に対して構造物の最大耐荷力が発現される限界状態で、これより先の構造物の信頼し得る耐荷挙動を期待できない状態。構造物の断面での鉄筋降伏、コンクリートの圧壊などがある。 | 構造物の美観あるいは鋼材腐食などに悪影響を与えるような過大なたわみや振動を生じるなどして、正常な使用状態を満たさない限界状態。応力度の制限、ひび割れの検討、変位・変形に対する制限 |
| 6 | 崩壊もしくはそれに類似した構造物の破壊を招く限界状態 | それを超えると構造物または構造要素が使用性に関する要求事項を満足できなくなる限界状態 |
| 調査文献 | | |
| 1: | 土木鋼構造物の性能設計ガイドライン 日本鋼構造協会 2001年10月 | |
| 2: | コンクリート標準示方書【構造性能照査編】【2002年制定】 土木学会 | |
| 3: | 鋼構造物設計指針 PARTA 一般構造物 土木学会 1987年 | |
| 4: | 鉄道構造物等設計標準・解説 鋼・合成構造物 運輸省鉄道局監修 2000年7月 | |
| 5: | 橋梁工学ハンドブック、-第3編コンクリート橋、第3章鉄道橋、3.1概説一、p.606、技報堂 | |
| 6: | ISO2394 | |

これらの限界状態を、さらに詳しく分類すると、表2のようになる。なお、これら全ての限界状態に対して、橋を適切にモデル化し、構造解析によって橋が限界状態に達するまでの挙動を正確に把握することは現時点では必ずしも容易でない。

表 2 橋の設計に際して考慮すべき限界状態

| | |
|---------|------------------------------------|
| 終局限界状態 | |
| 剛体的安定限界 | …橋全体が滑動したり転倒したり沈下したりする |
| 破断限界 | …構造部材が破断する |
| 降伏限界 | …構造部材が降伏点に達する |
| 塑性崩壊 | …構造系に塑性メカニズムが形成される状態になる |
| 座屈限界 | …構造部材が座屈する |
| 動的安定限界 | …橋が地震や風などの動的作用を受けて振動し破壊に至る |
| 疲労限界 | …構造部材が繰返し応力の作用により疲労破壊する |
| 使用限界状態 | |
| ひびわれ限界 | …(主としてコンクリート部材に)ひび割れが発生する |
| 変形限界 | …橋(あるいは構造部材)に過大変形が生じる |
| 局部損傷 | …構造部材の一部が欠落したり剥離したりする |
| 振動限界 | …人が不安感・不快感を覚える振動が橋に発生する |
| 外観劣化 | …利用者等に不安感・不快感を与えるほど構造部材の腐食や劣化が進行する |

b) 橋に要求される性能と設計段階で考慮される限界状態や検討項目

橋に要求される一般的な性能と、その性能を満足させるために設計段階で考慮される限界状態や検討項目を表 3 に示す。

c) 橋の性能照査様式

橋の設計においては、表 3 に示した性能を保持できない可能性(限界状態に達する可能性)が、ある一定のレベル以下となるように構造部材の寸法や材質等を決定する。

表 3 橋に要求される性能と設計段階で考慮される限界状態や検討項目

| 要求される性能 | 設計段階で考慮される限界状態や検討項目 |
|----------|---|
| 安全性 | 剛体的安定限界、破断限界、降伏限界、塑性崩壊、座屈限界、動的安定限界、疲労限界 |
| 使用性 | ひびわれ限界、変形限界、局部損傷、振動限界、外観劣化 |
| 経済性 | ライフサイクルコスト(=建設費[設計費用等を含む]+維持管理費+補修費+破壊時の損失費用の期待値)最小 |
| 環境適合性 | 景観、遮光性、排出物質、生態系への影響 |
| 耐久性 | (安全性や使用性の時間関数) |
| 維持管理性 | 維持管理の難易度 |
| 復旧性(修復性) | 復旧までに要する時間、復旧工事の難易度 |
| 施工性 | 架設期間、架設場所、気象条件 |
| 付加性能 | シンボル性、芸術性、観光資源性 etc. |

この時、どのような条件を満足すればよいかを表示する方法を照査様式と言う。この照査様式の表示方法は、確率論的なアプローチの視点から以下に示すレベルⅠからレベルⅢの3通りに分類されている。

ア) レベルⅠ

この方式は、設計しようとする橋（または構造部材）の限界値（強度） R_d と、それに作用する設計荷重による応答値 S_d の比が、予め設定された安全係数 γ よりも大きければ、性能が確保されるという考えに基づくもので、(1)式で表される。

$$R_d / S_d \geq \gamma \quad (1)$$

(1)式を用いる場合には、設計した橋がどの程度の安全性や使用性を有するのかを確率的な意味で定量的に把握することはできない。

レベルⅠの照査様式は、安全係数をどのように考慮するかにより、さらに以下の3通りに分類される。

①許容応力度設計方式……橋（あるいは構造部材）の限界値に対して安全係数を考慮する方式

$$R_d / \gamma_R \geq S_d \quad S_d = \sum S_i$$

γ_R ：限界値 R_d （通常、応力で表示）に対する安全係数、

S_i ：個々の設計荷重（例えば死荷重や活荷重）による応答値

②荷重係数設計方式……橋（または構造部材）に作用する荷重の応答値に対して安全係数を考慮する方式

$$R_d \geq \gamma_c \sum \gamma_i S_i$$

γ_i ：荷重 S_i の応答値に対する安全係数

γ_c ：荷重の組み合わせ等を考慮した安全係数

③部分安全係数設計方式……橋（または構造部材）の限界値、および、それに作用する荷重の応答値の両者に対して安全係数を考慮する方式

$$R_d / \gamma_R \geq \gamma_c \sum \gamma_i S_i$$

上記①～③の中では③の部分安全係数設計方式が、安全係数の値を詳細に決定しなければならない煩雑さは伴うものの、橋（構造部材）の限界値や、それに作用する個々の荷重の特性（材料強度や荷重の大きさのばらつき、荷重の発生頻度など）を考慮して安全係数がきめ細かに設定でき、最も合理的である。

イ) レベルⅡ

レベルⅡは、確率論的な考え方をある程度組み込んだ安全性指標と呼ばれる指標

を用い、(2)式を満足するように橋を設計しようとする照査様式である。

$$\beta \geq \beta_T \quad (2)$$

β : ある限界状態に対して設計される橋の安全性指標

β_T : 目標とする安全性指標

安全性指標 β の詳細については専門書⁹⁾に譲るとして、 β が何を意味しているかを簡単に述べる。

橋の安全性や使用性に関与する不確定量(確率変数)は、橋の限界値に関するもの R と、これに作用する荷重(の応答値)に関するもの S に大別でき、かつ、 R と S は互いに独立であるとする。このとき、 $Z=R-S$ という確率変数を考えると、橋は通常 $Z \leq 0$ のときに限界状態に達する(性能を喪失する)といえる。安全性指標 β は、確率変数 Z の標準偏差を σ_Z としたとき、 Z の平均 $Z=R-S$ と $Z=0$ との隔たりが σ_Z の何倍かを示すパラメータ、すなわち、 $\beta = Z / \sigma_Z$ で定義される値である(図1参照)。なお、図1の斜線部分は、限界状態に達する確率(破壊確率)を示すことになる。

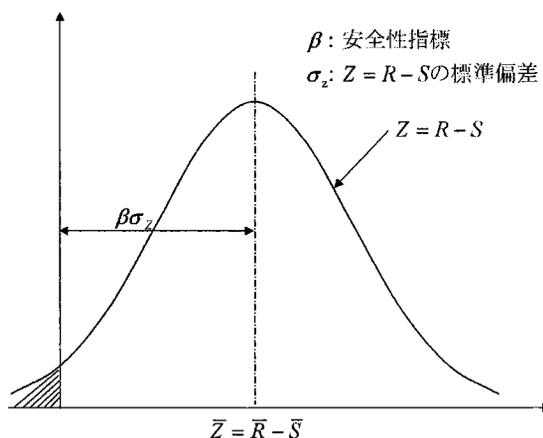


図1 安全性指標 β の意味

橋、あるいは構造部材をより安全性・使用性に富んだものにするには、 R の値を大きくするか、あるいは、 S (によって生じる断面力・応力など) の値を小さくすることに対応する。すなわち、 β の値を大きくすれば、設計された橋は安全性・使用性の高いものとなる。安全性指標 β は、確率変数 Z の2次までのモーメント、すなわち、平均と分散のみを用いて算出できることから、レベルⅡの照査様式は2次モーメント法とも呼ばれている。

ウ) レベルⅢ

設計しようとする橋が性能を喪失する(限界状態に達する)確率が、あらかじめ設定された目標とする確率値よりも小さくなるように設計する方法がレベルⅢで、式(3)で表される。

$$P_F \leq P_{FT} \quad (3)$$

P_F : ある限界状態に対して設計される橋がその限界状態に達する確率

P_{FT} : 目標とする確率値

[参考] 性能照査様式に関する現状と今後の動向

安全性指標 β は、構造物の設計に關与する確率変数の分布形を精度良く求めなくても算出が可能であり、かつ、確率論を導入した設計照査様式（信頼性設計法とも呼ばれる）であることから、欧米諸国では、1980年代後半から設計規準に取り入れられるようになってきている。しかし、安全性指標という尺度が標準的な技術者に十分に浸透していないこともあり、適用に際しては、安全性指標 β を算出した後にレベルⅠの安全係数等を求めている。

レベルⅢの照査様式を用いると、設計した橋の有する安全性や使用性がどの程度のレベルなのかを確率値という尺度を介して定量的に把握することが可能であることから、レベルⅠやレベルⅡの照査様式と比べて、より望ましい照査様式といえる。しかし、橋が性能を喪失する（限界状態に達する）確率を算出するのは極めて煩雑であり、また、橋の性能に關与する不確定要因（確率変数）の確率分布形を精度良く推定するだけの統計データがかなり収集されてきているとはいうものの、現時点では必ずしも十分でないことから、実用化するまでには至っていない。今後、構造部材の材料強度やこれに作用する荷重の確率分布形が精度良く推定でき、しかも、橋（あるいは構造部材）が性能を喪失する（限界状態に達する）確率の簡便な算出方法が開発された暁には、このレベルⅢの照査様式に基づいて橋梁の設計がなされるようになるものと予想される。

現時点では、照査様式として、想定しうる複数の性能（限界状態）を対象とした部分安全係数設計方式を用い、統計データを利用できるところはこれを利用し、データが十分でなく確率論的に決定できないものはその旨を明記しながら、現行設計規準に基づいて設計される橋と大きな違いが生じないように係数等を評価決定している（あるいは、していこうとしている）のが、世界的趨勢である。

d) 性能照査型設計に移行した場合の橋全体の設計のフロー

図2に性能照査型設計に基づく橋の設計・施工・維持管理・補修のフローチャートの一例を示す。3)で述べた性能照査様式は、このフローチャートの中の、「要求性能を満足するように断面寸法等を決定」するプロセスや「設計終了段階での保有性能の評価」のプロセスに組み込まれてくることになる。

現在では、照査様式として、想定しうる複数の限界状態を対象とした部分安全係数設計方式を用いるのが一般的となっている。

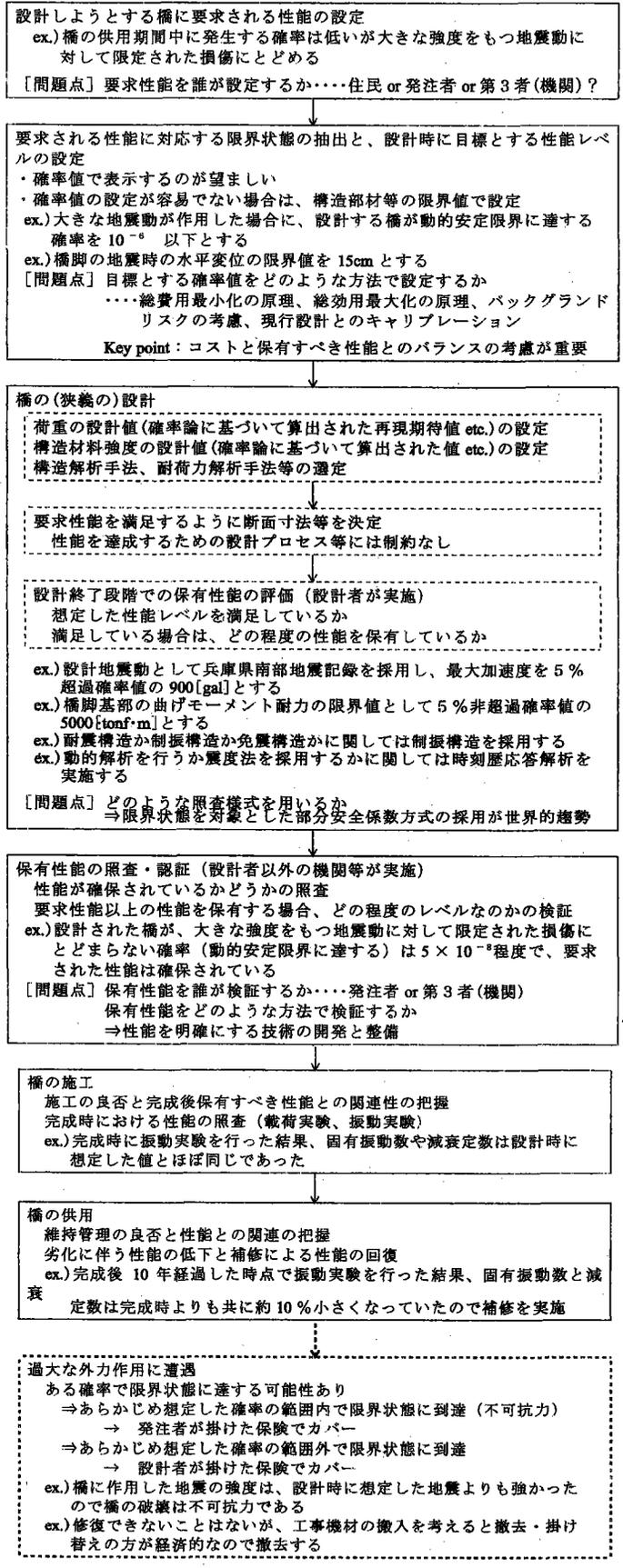


図2 性能照査型設計による橋の設計・施工・維持管理・補修のフローチャートの一例

(3) 報告書作成段階の意見

1) 共通認識 1

性能照査型設計法は、合理的な設計法として、部会員全員が期待している手法である。しかしながら、現行の性能照査型設計法についての動きは必ずしも満足のいくものではない。式の遊びに終わらない、それぞれの立場の人に利をもたらす性能照査型設計体系の確立を目指して、対応していくことが望まれる。

2) 共通認識 2

現在の検討は、「橋全体の性能設計」というよりは「橋を構成する個々の部材レベルでの性能設計」を想定したものとなっている。「橋全体の性能設計」を目標としたものにするよう今後努めていく必要がある。

3) データ不足

(2)で述べられている確率的なアプローチを行うには、現時点ではデータが必ずしも十分ではない。このような状況下での段階的な対処方法として、(2)において、レベルⅠからレベルⅢの照査様式の表示方法が示されている。一方、データを各分野で、それぞれの立場で、蓄積していく必要がある。

4) CD 作成の対象

当初、CD のバージョンアップの対象を入社後 10 年前後活躍している技術者として、性能設計に対する理解をより深められることを目指してバージョンアップすることを考えていた。これに対して、最終部会では、性能照査型設計において、規準を使用して設計する技術者と規準を定める技術者では、理解しなければならないことは異なるのではという対象者に関連する意見が出された。今後は、こうした視点も検討していくことが望まれる。

5) 性能照査型設計導入の意義

性能照査型設計法は、限界状態を基本として、限界を許容応力に捉われずに、広く構造物の強度を考えることが出来ることに意味がある。すなわち、限界状態設計法は、確率論的なアプローチにとどまらず、より知的創造作業ができることに意義があり、この知的創造作業は、単なる数学的処理だけでは表現されない技術者の創意工夫による設計の促進につながる。そして、このことは、一般の構造設計技術者が、個々のケ

ースに対して安全率をどうとるかということも考えて設計することもつながるのではないかと考えている。なお、誤解を避けるため、許容応力度設計法でも、性能照査型設計ができることを付記しておく。

すなわち、性能照査型設計法は、構造物の限界、例えば、ある荷重の下で崩壊する、しないの限界を強度の基準として設計する方法であると考え、性能照査型設計に対立する概念を仕様設計と考え、次の事例でこの概念を説明する。2階屋を設計する場合、仕様設計でもしも柱は通し柱で、見た目に曲がりがなく、3寸5分角以上といった事で規定されているとすると、性能照査型では柱は通し柱でなくてもよく、どんな断面でも、少々曲がっていても、柱が2階の重量や住人の重量に耐えられることが計算上あるいは実験で耐えられることが確認されていれば、その値を使って柱として設計してよいことになる。その耐えられる重量（性能）を定める時に基準の住人の重量は例えば2倍にし、2階の重量は1.2倍にして、合計した重量以上に抵抗できる耐力があればよいことになる。柱に妥当な許容応力度を使い柱の断面積を掛けた値（柱の強度）が基準の2階重量と住民の重量の合計より大きければ、これでも設計が完成ということにもなる。前者が構造分野では限界状態設計法、後者が許容応力度設計法のフォーマットによる設計ということになると考える。その2倍とか1.2倍とか言う値を定める時に確率論的アプローチが必要であるが、これは実際問題として発注者が定めればよいことと考えている。一般の設計者はそれに従い設計することになる。すなわち、性能照査するフォーマットの研究は、より良い形態や、斬新な構造を考える一般の技術者の問題ではないと考えている。（注：通し柱とは、継手のない柱）

6) 用語に対する共有認識

報告書をまとめるにあたって、それぞれが、ある設計法（用語）に想定している概念に違いがあり、これがお互いの意見を理解しにくくしている傾向もあるように思えた。たとえば、「限界状態設計法(LSD: Limit State Design)」と「許容応力度設計法(ASD: Allowable Stress Design)」が「対」としてはいけないという意見があった。この説明として、「従来の許容応力度設計法は、主に降伏限界を終局限界として設計され、しかも、鋼道路橋では、基本的には、降伏点に対して「1.7」の安全率を見込んで設計している。これに対して、阪神大震災以降は、特に耐震に関して、破壊限界を終局限界として設計しようということになり、降伏点到達後の余剰耐力も考慮することとし、かつ、安全率を、部材の耐力だけでなく、荷重に対しても考慮するという事で、部分安全係数設計方式(LRFD: Load and Resistance Factor Design)が採用されるようになってきた。従って、ASDと限界状態設計法は、本来、「対」になる用語ではないと考えている。」と

いう考えが寄せられた。

なお、この用語についての確認の中で、当初、異なっていると思われた意見が、同じ方向の意見であったことを考えると、この用語の共有（統一）は当然行われていると考える一方、現実に行われる口頭での話では実施されていないことがよくあるもの考えられる。

用語についての議論の中で、性能照査型設計法は限界状態設計法を基本としているという共通認識が、一部の人の間ではあるが確認されきたことを書き留める。

7) 基準化の必要性

性能照査型設計というのは、なかなか理解できない。設計そのものが、求められる性能を照査することとも考えられる。性能を評価する方法に、限界状態設計法と、許容応力法がある。もともと、基準化されていない方法で、物を評価することは出来ない。この「性能照査型設計」というものが出来た背景に、「ISOに参加しないために日本独自の考え方を設計基準とするのだ」という裏心がある。もともと「性能照査型設計基準」というものはありえず、日本の基準が「設計示方書」となっているために、このようなことがおきると考えられる。私見では、基準があれば、性能評価が出来るので、「基準を作るべきだ」と考えている。すなわち、評価は基準があつて初めてできると考えている。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：土木鋼構造物の性能設計ガイドライン、JSSC テクニカルレポート No. 49, 2001年10月。
- 2) (財)日本建築センター・(財)国土開発技術研究センター：「新建築構造体系の開発」総合報告書、1998年3月。
- 3) 日本道路協会、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、1996年12月。
- 4) 日本道路協会、道路橋示方書・同解説、2002年3月。
- 5) 構造工学シリーズ 2 構造物のライフタイムリスクの評価、土木学会構造工学委員会、pp.308-311、1988年12月。

4-4 橋梁技術者教育におけるアイデア

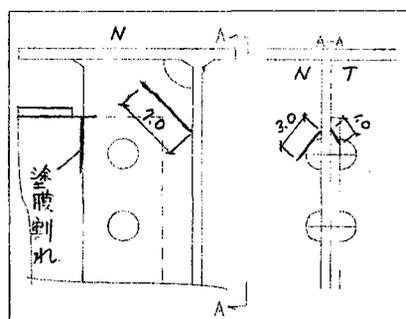
全体部会での意見交換で、教育現場では様々な形で授業の工夫をしていることが報告された。これを機に、教育現場における工夫に注意を払ってみると、色々な工夫が行われていた。そこで、教育現場における工夫事例を調べた結果を活動報告として記録にとどめる。さらに、全体部会およびワーキング活動で話題に上った、あるいは、部会員の日ごろの業務の中で気がついた、道路橋示方書に縛られない発想ができる技術者を育成するツールになる可能性を包含するアイデアなども紹介する。

色々な視点から教育ツールに関して議論が行なわれたが、道路橋示方書に縛られない発想ができる技術者を育成するには、“理解しやすい表現”、“意義が感じられる業務”、“実感の伴う理解”が重要な鍵となるように考えられる。

(1) 写真ではなくスケッチで

1) 鋼構造物の疲労亀裂の表現

鋼橋で近年問題とされる疲労亀裂は、写真では確認出来ないことが多い。この場合、下図のようにスケッチを併用すると分かりやすくなる。疲労亀裂ばかりではなく、損傷の状態を表現するには、スケッチが分かりやすいことが多々ある。そこで、このスケッチを適宜使用して表現をすることによって、伝えたいことを効果的に伝えることを勧める。



2) 教育現場における工夫

製図を行う際、近年CADの発達で任意の範囲のコピーが簡単にできるようになった。そのため、各線の意味、各部材を意識することなく、一応の図面が描けてしまう。

つまり、写真やCADでは詳細が意識されずに、すなわち、脳の回路を通らずに表面的な図面が作成されてしまう。これに対して、一本一本線を自分の手で描き、スケッチを行うことにより、内容を理解したレポートを作成することができる。

これに関連して、7)の橋のレポート作成のところで、大阪市立大学山口先生の行なっている事例を紹介する。

(2) 実物を見ることによる理解

1) 実物を見ながらの設計

設計製図に際して、最初に近くの現場を見せる。設計製図を始めて、構造が分からなくなったら、現場に行って理解するように指導している。(首都大学：中村一史先生)

2) 身近な鋼構造物の見学

授業では H 形鋼を使用して、梁と柱の設計を行なった。この後、近くの駅舎を見せてその構造を復習した。学生からは、日ごろ通学で歩いているにも拘らず気がつかなかった構造物を見学するこの種の見学は今後も続けるべきだという声が多かった。複数の学生から今後は身近な構造物を意識して見ていきたいとの声も聞けた。

(3) 実設計の学生にとっての魅力 (名古屋大学：舘石教授)

1) 実設計の魅力

教室内の演習ではなく、実際の設計に対する魅力は、学生にとって十分ある。この視点から授業を行う。

2) 現実の生活に生きる知識

学生たちは個々の知識(手法を含む)は学んできている。しかし、その知識がどのように現実の社会に役立っていくのかを実感できたときに喜びを感じるのではないか。これは学生ばかりではないかも知れない。技術は“物”が先という考えがあるが、技術における“物”の持つ意味は大きい。

実現することの少ない開発を企画するより、ともかくできたものを見て作ったという実感を味わうことに魅力を感じる人は多いようにも考えられる。そして、物として残ることに、生きがいを感じる人が多いようである。

(4) ブリッジコンテスト

1) 東工大における試み

授業でブリッジコンテストを行い、優秀なグループは、USAのブリッジコンテストに出場する。コスト、材料、時間などの制約条件の中で、構造的に成立し、かつ、耐荷力、耐久性のあるものの製作を競いながら、学習していく取り組みのようである。

2) 工業高校および高等専門学校における試み

工業高校および高専でもブリッジコンテストが盛んに行われている。第 5 章でも事例が出てくるが、ここでは、その概要について紹介する。工業高校では、高校生ものづくりコンテストの橋梁模型製作部門でその取り組みが行なわれている。平成 16 年に第 4 回目が開催されている。

2時間半という時間内で製作し、完成度、耐久性、技術度、デザイン性、経済性および作業態度の視点から審査が行なわれているようである。

一方、全国高等専門学校デザインコンペティションが、16年度に6回目が行なわれている。これは、I部のワークショップ部門で、地域交流シンポジウムとものづくりワークショップが行なわれ、II部の設計競技部門で、3つのコンペティションが行なわれ、その一つの構造デザインコンペティションでブリッジコンテストが行なわれている。募集要項を次ページに示す。

第6回 全国高等専門学校 デザインコンペティション
「構造デザイン コンペティション」 募集要項

1. 構造デザイン コンペティションの目的

高等専門学校学生の相互理解と相互研鑽の場とするものである。

2. テーマ

「ブリッジコンテスト」

建設構造における最も基本的な形の1つである、単純梁形式の構造体を設計・製作し、載荷試験により耐荷性能を競うコンテストを行う。構造体そのものについては、梁・トラス・アーチなど構造デザインは自由な設計ができるであろう。また、構造形式に応じて材料の強度や特性などを実験・解析することで、自ら設計・製作した構造物がどのような性能を持てるか、自ら体得する機会となる。定められた条件の中での構造デザインの可能性を探ってみよう。

3. 設計条件(下記の項目IIを参照)

構造形式 : 両端を固定しない単純梁形式の構造体

スパン : スパンは100cmとする(製作物はそれ以上の長さが必要)。

断面 : 製作物の最大断面は縦15cm 横10cmの断面内におさめること。

自重 : 製作物の総重量は200g以下とする。

載荷条件 : スパン中央部での集中載荷とする。

支持条件 : 両端において単純支持とする。支持部は15cm×15cmの平面とし、製作物の両端部をその上面に配置する。

使用材料 : 木材のみとする。接合部は一般の木工用ボンドで接着することを基本とするが、接合部のみには、金属など木材以外の材料の使用を認める。

構造解析 : 製作物については、あらかじめ構造実験や構造解析を行うなどし、耐荷性能についての予測値を明示すること。

4. 主催者

主催 : 全国高等専門学校デザインコンペティション委員会

事務局 : 第6回 全国高等専門学校デザインコンペティション実行委員会事務局

連絡先 : 〒929-0392 石川県河北郡輪島町宇北7-5-1 建築学科

e-mail : descom3@ishikawa-nct.ac.jp

5. 応募資格

高等専門学校に応募時点で在籍する学生(共同は可。只し二次審査の参加は代表者1名とする)。

6. 質疑応答

質疑は、e-mailのみで受け付けます。宛先は、上記事務局まで。電話による質疑は受け付けません。

7. 応募方法

1. 用紙 : 設計図面にプレゼンテーションを施し、A2判1枚に収めて提出(パネル不可)
2. 図面内容 : 平面図・立面図・写真等適宜必要と思われる図面及び耐荷予測値を含む説明文。
3. 提出方法 : 図面裏面右上に所定の用紙に必要事項を記入の上貼り付け、期限までに事務局に持参(17時迄)または郵送(宅配便可)。

8. 審査委員及び審査方法

参加各高専で一次審査を参加学科ごとに独自に行い、学科の代表チームを1組選出して下さい。各校担当教官は期限(平成16年7月16日必着)までに選出案を事務局に送付して下さい。二次審査日ではチームごとに製作物を持参し、会場にて載荷実験を行います。製作物について、自重、最大荷重、耐荷性能=耐荷重/自重、予測精度=(耐荷予測値-実耐荷重)/実耐荷重、などの競技結果とデザインの独自性について審査を行う。

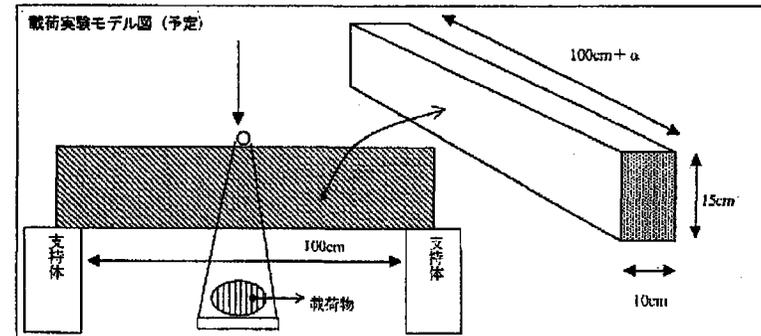
9. 競技日程

- 募集要項・応募要項の公表・配布 : 平成16年4月19日(月)
 質疑応答期間 : 平成16年4月19日(月)~5月7日(金)
 質疑回答の公表・配布 : 平成16年5月14日(金)
 各校代表作品提出期限 : 平成16年7月16日(金)(必着)
 *一次審査を作品提出までの間に各校で行って下さい。
 二次審査(最終審査) : 平成16年9月4日(土)

10. 賞

- | | |
|------------|----------|
| グランプリ1点 | 賞状 及び 副賞 |
| 競技1位、2位、3位 | 賞状 及び 副賞 |
| アイデア賞1点 | 賞状 及び 副賞 |
| 佳作 若干名 | 賞状 及び 副賞 |

11. その他



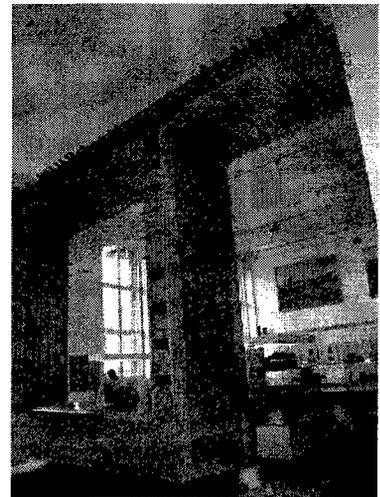
3) イベント

上述の他にも、木と紙でつくる夢の橋コンテストなども行われている。これらのイベントでは、「つくる」、「ふれる」「感じる」をキーワードに取り組んでいるようである。

橋梁技術者の育成には、こうした取り組みも上手に活用していく必要があるものと考えられる。一般社会との接点と言う意味で、述べておく必要があるのは、ドイツ博物館の橋梁に関する展示である。もちろん、一般の人ばかりでなく、橋梁技術者にも一読ならず一回見学することをお勧めしたい。なお、このドイツ博物館については、ブリュッケンbauer「博物館で学ぶ橋の文化と技術」に詳しく書かれ、訳本が出されている。



ドイツ博物館の展示事例 I



ドイツ博物館の展示事例 II

(5) 模型の作成

1) ケント紙による模型作成

ケント紙で橋の模型を造って、載荷実験を行い橋の耐荷力を把握する。山梨大学の杉山教授が中心になって若手教員も協働して行なっている。この試みは、学生にケント紙 1 枚とのりを与えて、支間 30 c m の橋（棒でも何でも可）を 1 週間で作成し、1 週間後に載荷実験を行うもの。作成後の 1 週間はのりを乾かすために確保している。載荷実験は、支間の中央にデーバックを吊り下げ、錘を入れて行なう。1 年生の入門講座として設けている。硬く作っても断面が小さいと耐力があまり大きくならない、同じ形でも支点部や荷重載荷点を強くすると耐力が上がるなど、肌身で習得しているようである。

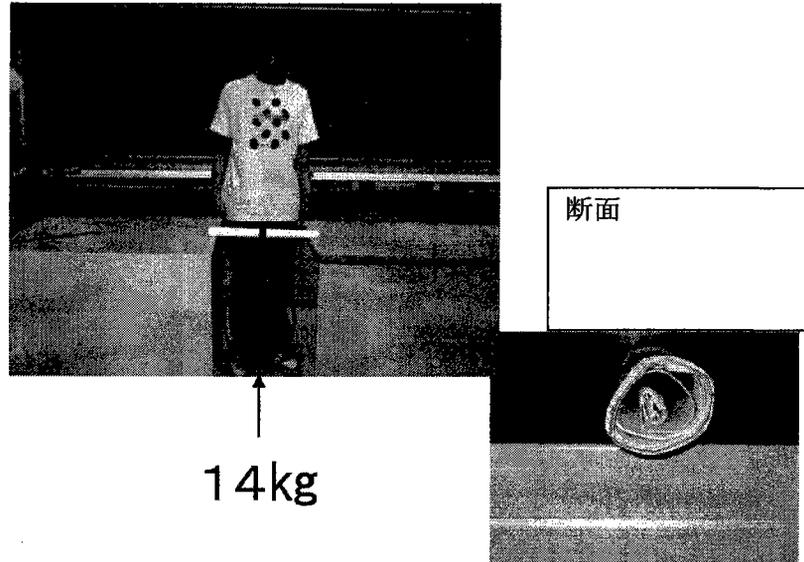
他人の作品の載荷実験も見学して、経験的にすなわち帰納的にどのような構造にすると耐力が上がるかを学んでいく。すなわち、力学的計算をせずに、経験的に習得して行く。そして何故と考え出す。

複数の教員との協働作業で、楽しみながら学ぶ授業を想像することができる。

サルが人間になる時の労働の役割は古典に出てくるが、これを読んだ人の多い時代は、橋作りに携わりながら、この役割を享受して、良い人生を歩んだのではなかろうか？

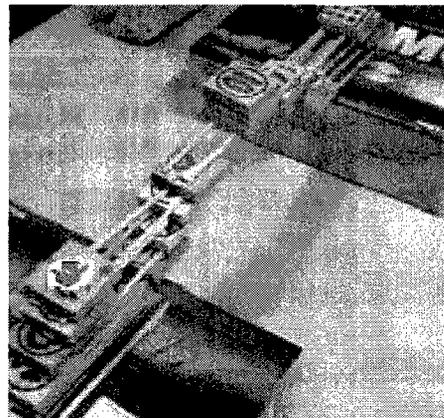
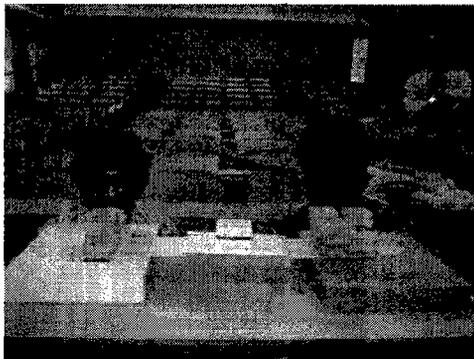
色々なところで聞くことではあるが、今の若い世代にも、ものを造る楽しさを味わってもらいたい。そして何故と次の段階へ自然に移行できる環境にすることが必要に思う。

怒られると覚える、しかし、嫌いになったという若者の言葉が印象的で、かつ気がかりである。



ケント紙で作成した橋（桁ないし棒）の耐荷力試験

山梨大学では、このケント紙で作成した橋の耐荷力試験の他、以下に一事例を示す積み木による橋作りやダンパーの実験など、色々、思考している。



積み木を用いた橋作り

2) 設計図面の切り抜きによる模型製作

これは企業における新入社員向け教育事例で、短期間で実務に入れることを企画した新入社員向けプログラムを構成するものである。

図面から 3 次元の橋梁構造をイメージする訓練として、最終的に設計図面の切り抜きにより紙の模型を作らせるものである。その橋の情報には事前に知らせることなしで、小規模な橋梁の設計図 (A3 縮小版) 一式を手渡し、まず、設計図の構成、図面表記の読み取り方を教える。次に、各自で図面一枚一枚の読み取り・理解を行い、さらに各図面相互のつながり・取り合いを確認させ、立体的な構造をイメージさせる。そして、実際に各部材を切り取り、自分で紙の橋梁模型を製作していくものである。

(6) 手計算による試設計

1) 手計算による単純合成鉄桁の試設計

企業における新入社員教育プログラムの一つで、橋梁設計の実際を理解してもらうために、コンピュータソフトを使わずに、簡単な橋梁の設計計算を試みるものである。具体的には、単純合成鉄桁の設計条件を与え、道路橋示方書に従い手計算で設計計算を実施させる。道路橋示方書のみで設計を進めることは実際には難しいため、設計計算事例もいくつか参考として渡し、その手順・内容を理解しながら進めさせる。

2) デザイン・データブックを使用した歩道橋の設計

大学での鋼構造設計法および実習の授業の課題の一つについて紹介する。計算ソフトを使用して複雑な活荷重載荷を行い、最適な構造を設計することはできる時代ではある。しかしながら、本 1 冊と自分の手でどこまで設計ができるか。計算に追われるのではなく設計の基本を習得する。

こんなことを求めて、デザイン・データブックを使用した歩道橋の設計を試みた。デザイン・データブックの中の形鋼を使用して、断面定数などは簡単に入手する。

歩道橋なので、全面に等分布荷重を載荷するのでこの点でも、公式が使える。この公式もうろ覚えであれば、デザイン・データブックで確認できる。歩道橋も T 荷重と L 荷重があるので、この考えも習得できる。床版は T 荷重で設計し、桁は L 荷重で設計する原則も学習できる。

床版は鋼板一枚。リブなし鋼床版。腹板を梁としてモデル化するが、横倒れは考えられないので、曲げ圧縮許容応力度の上限値が使えることを理解させる。

設計ではなく、照査。繰り返し計算は時間がかかるので、ここでは不要。

10 m 程度の支間長を設定すると、架設時固定間隔を小さくするため、対傾構などの圧縮フランジの固定材が必要なことも習得できる。

(7) 大学でのレポート作成

1) 自主性の意義と実感できる作業

鋼構造の講義でのレポート。自分で橋を設定し、現場を見学。全体写真と橋の下から部材の写真を撮影し、部材名称を書き込む。できれば、板厚を計測する。各部材の役割、その他、調べることができれば橋の諸元などを書き、感想を書く。数少ない自主的に取り組む課題である。

2) スケッチによって橋梁の構造を実感

構造工学の講義の比較的早い段階、すなわち、橋梁形式、部材の名称、橋梁の部位などに関する紹介などを行なった後で、通学途中や家の近所など身近にある鋼橋を一つ選択させスケッチをさせることを課題としている。

課題の基本は、スケッチすることで、デジカメ等のデジタル画像は認めない。ただし、説明資料として用いることは問題ない。教科書にある、もしくは講義で習った名称や、部位などを教科書、各種資料をもとに記入する。橋梁形式、概算でもよいので支間、そして架設場所を記入する。

目的は、実際の構造物を自分の目で見ること、橋梁工学を学ぶ上での基本的な事項を体得する。

これを始めたきっかけは、アンケートで当たり前と思っていたことが学生にとっては当たり前でないことが分かったので、このギャップを埋める必要性を痛感したことであった。ギャップとは、どこに使われている部材か、橋軸方向、橋軸直角方向にたいする感覚など。

すなわち、「実際のものが想像できない」ので難しいと言われたことにある。せつかく、土木構造物という性格上、実際のもを見て考えることができるのに、それを活かさきれていないことに愕然とした。電気や化学とは違って簡単に見てさわることができることを考えると、本当にショックなことだった。

せめて、橋軸方向はどちらで、この部材はどの方向についているのか、車の走行車線との関係ぐらいはわかって欲しいと思う。これが分からないと、部材にどんな力が働くかを想像するのも難しい。逆にこれらが分かると案外、細かいことは別としてできたりするようになる。

(8) ホームページの活用

1) 新しい情報

鋼橋技術研究会のホームページを見て感想を書く。身近な先生が活躍していることに目を留めている学生が何人かいた。橋梁技術は、日進月歩である。実績？はその良い例である。これは、個々の教科書では反映しきれない。こうしたホームページの活用で、最新の事例に触れてもらうことができる。

(9) 課題解決を協働で行うことによる技術の継承

1) 会社での作業

かつては、一つの設計を先輩と後輩が協働で行った。それは、大学でも同じで、ひとつの課題を先生と学生で解決する。こうした過程で技術が継承されていく。この共に議論して解決していくという場が、コンピュータの発達で少なくなってきたのではないか。コンピュータの発達したこの時代に、協働で課題解決をして技術を伝承していくことの大切さをここでは力説することにする。

2) 教育現場における工夫事例

WGメンバーでもある東海大学中村教授から、学生とともに模型を造る過程で、例えば連結部の構造など、物を作りながら考えて、物作りの力を身につける現場が紹介された。

大学の研究室でも、共同作業の中で、ものづくりの手法すなわち技術が伝えられていく事例である。鋼橋技術研究会の20周年記念式典で内藤先生が研究室の共同作業について講演された。ここにも、共同作業の中で伝えられていく技術がある。

3) 談話会の試み

経験者の意見を聞ける機会をもつことの大切さについて意見交換が行われた。その折り、では実践と言うことで、20代と30代の若い部会員から、職場で取り組んでいる問題について、諸先輩の意見を伺う機会を得た。倉西顧問と中村教授が出席されていてアーチの補修に関して意見を交換する中で、その考え方を学習することができた。これを機会に、倉西顧問を囲んで気軽に日頃の課題を聞くことのできる談話会を造る企画を試みたが、実施に至らずに持ち越す形になった。引き継ぐ部会では是非実施して頂きたい。

技術は、その1/3は構造物で残り、その1/3は文献で残る。そして、その残りの1/3は技術者とともに消滅すると言われるが、この鋼橋技術研究会における交流で、この消滅してしまう技術を少しでも少なくできればと考える。

(10) 書籍の紹介

WGで取り上げられた書籍を以下に紹介する。

1) 新しい構造実験の教科書

構造実験のテキストが土木学会から出版されている。社会に入ると自分の使った教科書は見ることがあっても、新しく書かれた教科書を見る機会が少ない。新しい教科書を覗くと、時代の移り変わりを感じるとともに、色々知ることも多い。熟年の技術者も、最近の教科書を手にとって振り返るのも一案であろう。

2) レオンハルトのコンクリート講座

レオンハルトのコンクリート講座は全6巻の大作で、すべてを読み通す時間を見出せる人は少ないと思うので、機会あるごとに事典のように、コンクリート構造技術をどんな

形で伝達しようとしているかを覗くことを勧める。

特に、第 1 巻で、設計で想定している状態と実際の挙動の違いを、分かりやすく図で説明されているので、鋼構造の技術者も一見しておく価値は十分にあると思う。これらの図解で、設計計算で求まる応力と実験で計測した応力を対比して、設計計算によって、構造物の状態をどの程度把握できるを理解できる。

また、設計のアプローチで、梁理論による平面保持を仮定した応力分布、塑性状態での応力分布、そして、主応力線図（弾性理論）などの関係で、それぞれの解析からえられる情報の違いを把握できる。

また、右下図のように、載荷位置の違い、構造物によって意味が異なる。これは、棒（梁）理論では表現できないことであり、すなわち、棒理論の適用範囲に対する理解力も、こうした図で養成できるのではないかと？

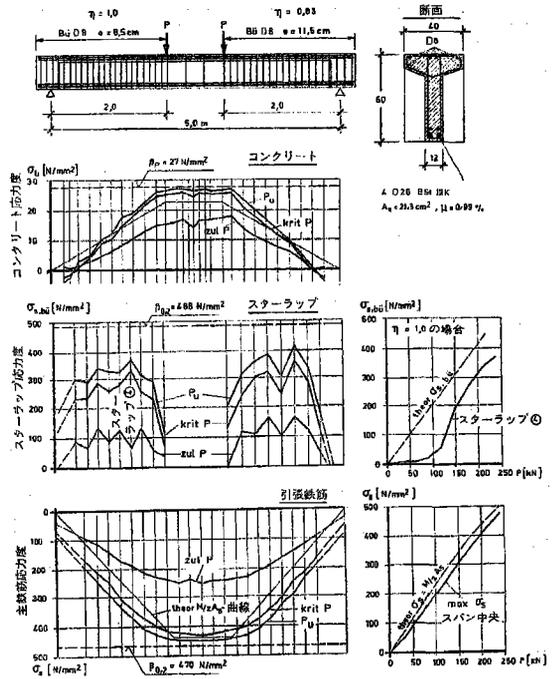


図 5.4 3つの荷重レベルに対する供試体のコンクリート曲げ圧縮応力、スターループ応力および主鉄筋応力の分布 [96]

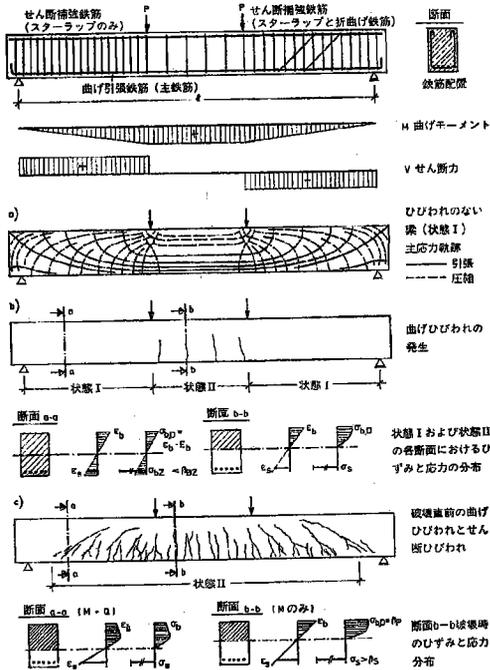


図 5.3 RC 単純梁の状態 I および II における構造特性

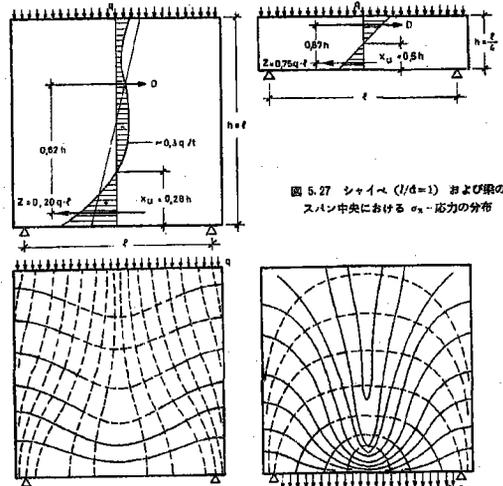


図 5.27 シャイペ ($l/d=1$) および梁のスパン中央における σ_x -応力の分布

図 5.26 上載荷重または下載荷重を受けるディープビームの応力軌跡

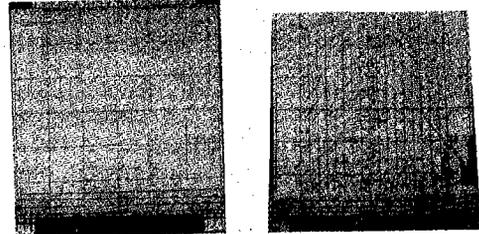


図 5.29 上載荷重または下載荷重を受けるディープビームのひびわれ図 [104]

鉄筋コンクリート構造におけるトラスアナロジーも、構造の理解とモデル化という点でよい例と考えられる。この考え方も、この本では図を多用して、説明している。そのいくつかを紹介する。

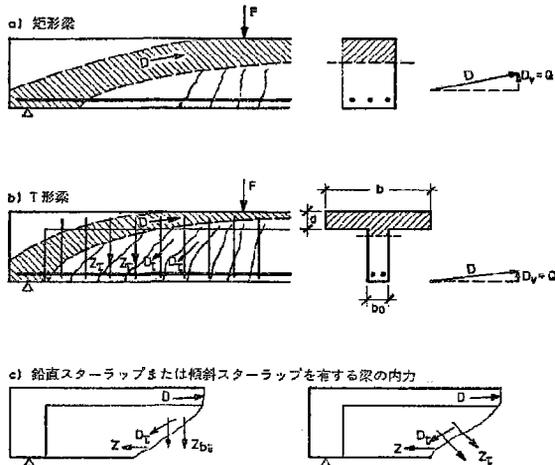


図 4.18 RC 矩形梁と RC T 形梁の荷重特性

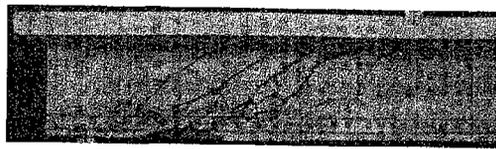


図 5.10 せん断補強鉄筋を有する T 形梁の破壊荷重作用時のひびわれ図 (せん断ひびわれは白けひびわれから完成している)

右図のような図で、ひび割れについての理解

も深まり、構造物の耐荷力を単なる数値でなく、メカニズムとして把握することが可能になる。

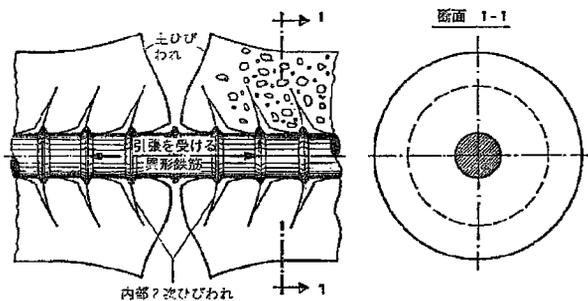


図 4.9 純引張を受ける RC 部材の主ひびわれとその間に見られる鉄筋周りの小さな 2 次ひびわれ (後藤 [88] による、ひびわれ幅は誇張されている)

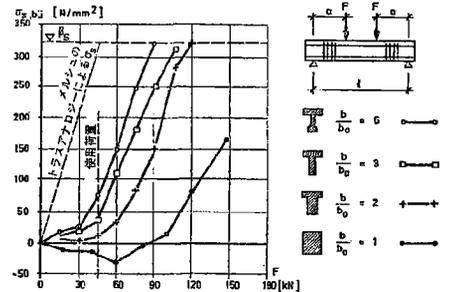


図 8.19 種々の b/b_0 比に対する梁内の平均スタープ応力度 (せん断補強鉄筋断面積を含め、他のすべてのパラメータは同一)

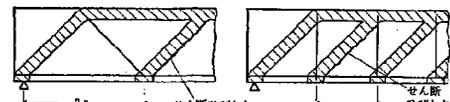


図 8.5 古典的トラスアナロジーによるせん断補強鉄筋の配座

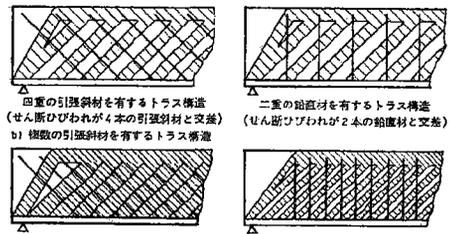


図 8.5 古典的トラスアナロジーによるせん断補強鉄筋の配座

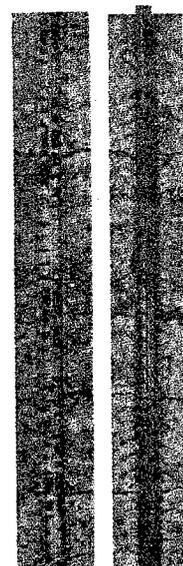


図 4.8 鉄筋鉄筋の周りのコンクリートに見られる微細ひびわれ。後藤 [88] による

3) 構造の力学基礎 (倉西 茂著)

教育ツールWGに「構造の力学基礎」の著者の倉西顧問が参加された。先生が現役の最後の時期に、構造力学で最小限知っておいてもらいたいことをまとめた伺った。

先生の思いが盛り込まれ、立体的な図も盛り込まれていて、先生の授業を受けることのできない若い世代にも喜んでもらえた。

一度、若手技術者に目を通していただきたい書籍の一つである。

4) 易しくない橋梁工学 (島田静雄著)

倉西顧問と同世代の名古屋大学名誉教授 島田先生が書かれた表題の講座が、雑誌「橋梁と都市」に連載された。これは鋼橋ネットサービスでも見ることができる。

先生が良く出題された試験問題の話が出てきたりして、先生の教育思想があちこちに感じられる。また、約30年前に、レオンハルト先生のコンクリート講座を使用して、大学で塑性設計を学んだ技術者が社会に出てくるドイツの教育環境に出会った。その後、日本に帰国して、日本でも塑性設計の授業をされている先生がいることを知った。その授業の一つが、島田先生の授業だった。

この易しくない橋梁工学は、構造工学への一つのアプローチ方法を示しているように思う。一度手にしてもらいたいノートとして紹介したい。

(11) 構造物およびその挙動を実感できる用語

コンクリートの分野では、土木と建築で用語を統一しようとする試みがかなり早くから行われている。ここでは、用語の統一ではなく、訳語と比較検討することで、構造物およびその挙動を実感できる用語を用いることを提唱したい。

1) 座屈という用語の訳 (ドイツ語、英語、日本語)

日本語では座屈、英語では buckling. これに対して、ドイツ語では、柱、梁、板の座屈を区別し、柱の座屈 (knicken)、梁の座屈 (kippen)、板の座屈 (ausbeulen) という言葉を使用している。それぞれの言葉は座屈を起こしたときに形をイメージできる言葉になっている。言葉自体が、限界状態、破壊形態の理解を助け、豊かな表現にしている。我が国の道路橋示方書では、それぞれの座屈を防ぐことができるように許容応力度を決定しているが、柱と梁を許容応力度の章で、板の座屈は部材の章で扱っている。

構造物を設計する場合、破壊状態、限界状態をイメージして行なうことは意味あることと考える。その意味から、ドイツ語の座屈を意味する言葉のように、破壊状態をイメージできる言葉を日ごろより使えるよう、用語の整備をすることも、よい技術者を養成するためには大切なことのように思われる。

2) 材料のイメージ

鋼材という用語には、鋼のイメージが入るが鉄筋という用語には、鋼のイメージがない。「鉄筋コンクリート」は、ドイツ語では **armierte beton** という言葉が使われることもあるが、最近では **Stahlbeton** がよく使われている。**Armierte** は補強を意味するが、材料のイメージはない。土木用語辞典（昭和 46 年初版）でもすでに **Stahlbeton** という訳が使われているが、その次に出てくる用語「鉄筋コンクリート杭」を見ると、**armierter Betonpfahl** あるいは **Eisenbetonpfahl** となっている。この訳には **Stahl**（鋼）という意味が表現されていない。

橋梁技術者は、構造解析屋に留まることなく、強度、延性などの材料に対するイメージも豊かにして、実際の構造物を理解できる資質をもつことが望まれる。この意味で、日頃から実構造物のイメージの表現された用語を使って、構造を実感して業務を遂行できるようにすることは橋梁技術者を育成する上で意味あることと考える。

3) 実感の伴う言葉による業務の遂行

構造物への理解は、限界状態をイメージしたり、破壊状態をイメージしたり、力の流れを意識したりして、構造物を感覚的に理解すること、実感することが大切のように考える。そのためには、構造力学の基本に戻り、また身近な用語を使用することも重要である。

無味乾燥な数値の大小関係では、実感がわかず、ブラックボックスのソフトを使う日常業務の中からは、実感して全体のマクロな安全さを感じ取ることは難しい。

4-5 教育現場における工夫事例

～材料からの橋梁形式アプローチ～技術者教育におけるアイデア

社会基盤建設を取り巻く環境が変わり、コスト低減、耐久性向上、環境・景観重視などの視点からこれまでとは違う構造が求められる時代のなかで、新しい橋梁を創造するための方法にはどのようなやり方があるだろうか。

ここでは、東海大学で行われた研究テーマに着目し、これが結果的に新しい橋の形を産み出す一つの手法になっていることが確認できたため、紹介することとする。

この手法は、まず部材に使用する材料形状・特性を定め、その材料を橋に使ったならば、“どのような形の橋”ができるか、という手順でアプローチしていくものである。この手法には、従来の形式に捕らわれない新しい着想が生まれる可能性がある。

オリジナルアイデアは、東海大学工学部土木工学科橋梁研究室（中村教授）で実際に学生が研究したものであり、資料や写真などの提供を受けた。ここに誌面を借りて謝意を表す。

(1) 部材に適用する鋼管の決定

一連の検討では、構造部材に円形鋼管を使うことを前提条件としている。鋼管の材質、サイズについては、道路橋示方書の規定が満足されていればよく、自由選定となっている。橋の種類（道路橋、歩道橋）、橋長、支間長、構造形式なども自由に設定できるものとする。考え出された橋梁は、構造的・景観的に新しい発想が盛り込まれており、新鮮さを感じるものとなっている。

なお、鋼管を構造部材に適用したこれら一連の橋梁は、道路橋示方書に準拠して設計されているが、自由な発想による構造提案が目的であり詳細設計そのものを意図していないため、検討は基本断面の実現性のチェックに留めている。

円形鋼管の一般的な構造的特性を以下に挙げる²⁾。

- ① 断面が方向性を持たないので、強軸・弱軸の区別がない。
- ② 断面積のわりに断面回転半径が大きいので全体座屈に対して比較的有利である。
- ③ 閉じた曲面構造であるため、局部座屈にも比較的強い。

景観面からは以下の特徴が挙げられる。

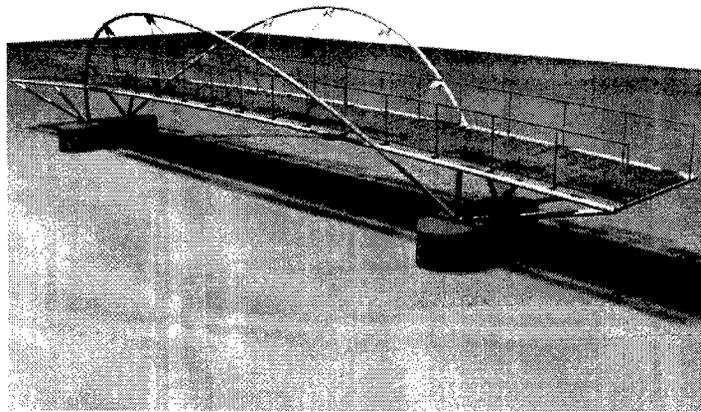
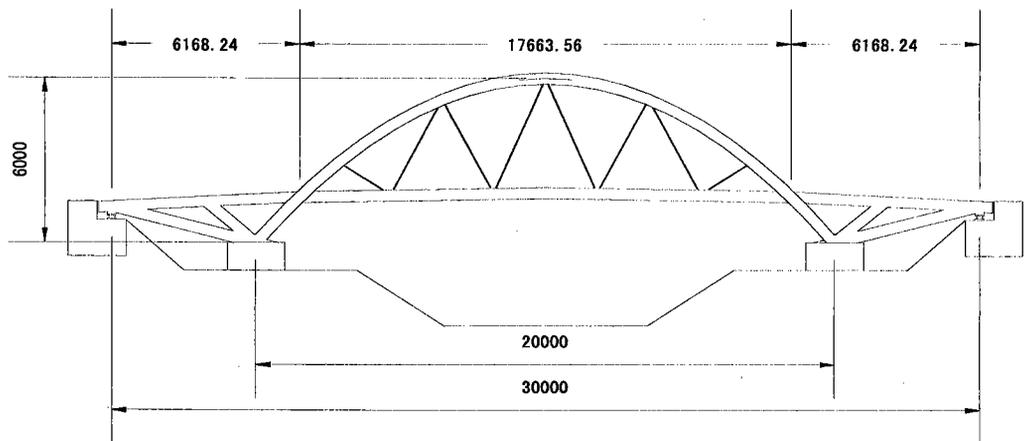
- ④ 曲面を持つ部材であり、全体的に滑らかな、流れるような印象を与える。
- ⑤ 塗装の弱点となるエッジ部がないため、塗膜耐久性が高く、さびが点在するような状況になりにくい。

設計面で考慮すべき事項には以下がある。

- ⑥ 閉じた円形のため、部材の継ぎ手、部材と部材の交差部の構造に、設計的配慮が特に求められる。（本研究では、ここまでは考慮されていない。）

(2) 事例一（アーチ系）

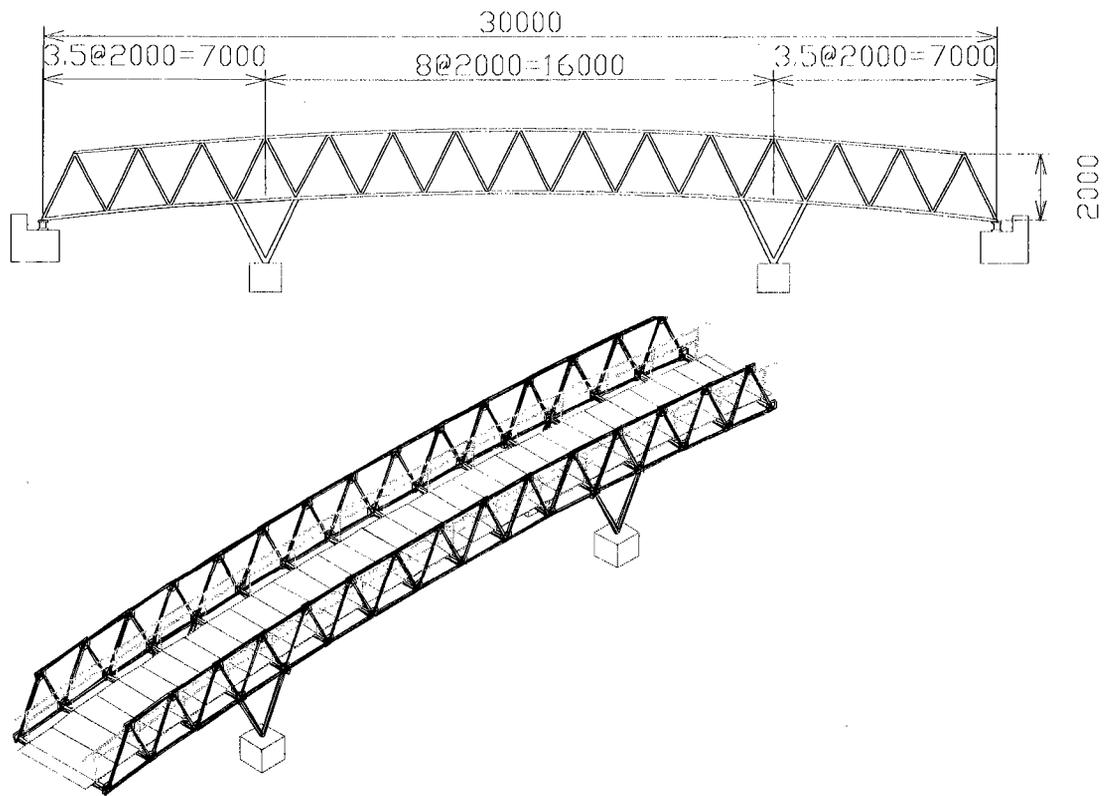
鋼管の特性より軸力部材に用いることが有利と考えられることから、アーチのかたちが思いつく。研究では、架設場所を現実に存在する位置に設定していたため、支間長の短い歩道橋となったが、アーチリブを外側に開き、横つなぎ部材をなくして開放感のある橋としている。また、アーチリブを外開きの角度を持ったまま基礎へ導いており、スマートさを意識するとともに、床版を木構造とすることで、落ち着いた感じの人に優しい印象を与えている。



(3) 事例二（トラス系）

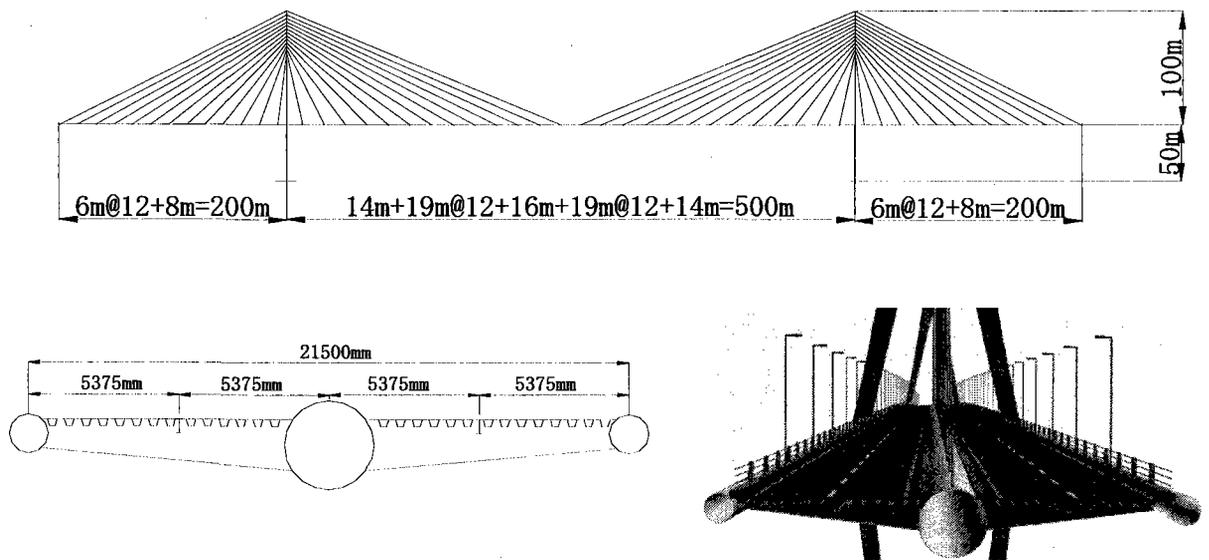
本事例は、軸力部材で構成されるトラス橋への適用である。パイプトラスは、実績もあり新規構造ではないが、歩道橋を想定し、橋脚を含めてトラス構造とし開放感のあるポニー形式を適用、軽快な景観を作り出した点に特徴がある。

なお、床版に木構造を採用している。



(4) 事例—3 (斜張橋系)

事例—3は、補剛桁の主桁に鋼管を適用した斜張橋である¹⁾。主桁となる鋼管は、桁断面中央と両端部に配置し、それぞれ $\Phi 3200 \times t 30$ 、 $\Phi 1400 \times t 25$ としている。側鋼管はフェアリングを兼ねることが可能であり、また中央鋼管は中央分離帯の機能を併せ持つ。箱桁やトラス形式ではなく、鋼管を適用した新しいかたちの補剛桁形式を提案している。



参考文献

田中寛泰、中村俊一、井上浩男、羽田大作：鋼管桁を用いた吊り形式橋梁の構造と耐風特性、土木学会論文集、No.805/VI-69, 91-103, 2005.12.

4-6 教育ツールに関するアンケート調査

教育ツール WG の活動経緯と活動の方向性については上述したが、部会が始まった当初、教育ツールに関するアンケート調査を行なっている。

これについては、今回の活動では、掘り下げた検討を行うに至らなかったため、今後につなげることを考え、ここに資料として収録する。

アンケートでは、下記の調査を行なっている。いずれも自由記述形式での回答を求めた。

- (1) 教育ツールとしてあるとよいもの
- (2) 読むべき本
- (3) 読むとよい本

本部会では、示方書にとらわれない自立した技術者の育成が大きなテーマとなったが、実際に何かをしようとしたときには、示方書とどこかで遭遇する。今回のアンケートでもかなり、示方書に関係した回答が多かった。

それゆえに、示方書にとらわれないというテーマが浮上するようにも考えられる。

以下に、回答結果をそのまま表形式の一覧として示す。

表 4.6.1 教育用ツールとして是非あると良いと考えるもの

| | |
|---|---|
| 設計に関する教育ツール | 新人技術者向けの教育本、橋梁技術者としてのノウハウ本、設計ミスを防止するノウハウ (3人) |
| | 設計の要点ごとに各公団や協会の基準をまとめたものおよび設計例集(設計のマニュアル) (2人) |
| | 新しい設計手法や解析手法がまとまったマニュアルや設計例のようなもの。性能照査型に移行されたが、過渡期ということもあり、どうしていいか難しい。ヒントになるような本。 |
| | 有名な橋の設計計算書を解説つきで簡潔にまとめたもの。 |
| | 有名な橋の設計図面をまとめたもの。各橋梁で一冊、あるいは各形式別で一冊にまとめパーツ毎に何橋かを対比させたりしたもの。 |
| | 新しい知識を必要とする際、読む気が湧いて実際に読んで短期間で内容の修得ができる、例えば、5時間で分かるつり橋の設計、4時間で分かるPCO橋の設計、3時間で分かる鋼橋の設計、といった実際に実務に携わった方が書いて、学識経験者が監修したもの。従来の「〇〇の入門」、「〇〇のマニュアル」といった類の教科書のような内容で頁数の多いものは読む気にならない。計算式の羅列のような専門的な内容は教科書に譲り、実務の概要、業務フロー、見逃してはいけない要点を営業マンでもプロのごとく、または入社1年目の社員が過去に実務経験したかのごとくプレゼンテーションができる水準を目指した、プロがプロを育成するために計算式や数字の羅列を省いた「コンパクトな一冊」が目標。 |
| | 海外の基準での計算事例・海外の基準の日本語版 |
| | 設計の流れの中で、項目毎の設計の参考書一覧 |
| | イラスト入り道路橋示方書解説本 |
| | 設計がブラックボックス化したことを補う本 |
| | 支承・伸縮・落橋防止装置などの付属物に関する教科書または参考書。各付属物が設置されている背景や設計思想などの例をまとめた基礎的なもの。 |
| | 上下部を通した設計計算例 |
| | 解析のツール |
| 設計ソフトの中で過去のデータのオーダ感をつかむ意味で参照できるもの | |
| 骨組解析、立体・動的解析、FEM解析、固有値解析などを基本から解いたもの。それぞれの用途と必要性および具体的な解析例等、基礎から応用例まで修得できるものが欲しい。 | |
| ITを活用したツール | インターネット等を利用して、会社等の壁を越えた、業界内での情報交換やデータの共有を、リアルタイムで行えるような環境 |
| | 鋼橋ネットサービス |
| | ゲーム: Bridge Builder; 遊びの中で構造を考え、ゲームの中で構造力学がどこまで通用するかを学ぶ。 |
| | 橋梁関連HP一覧; 業界情報、業界団体、研究所・公団・教育機関; 技術情報、鋼橋基礎知識、制作方法、工法、用語集、製品紹介、設計ソフト、リンク集 |
| | 本の便覧: 何を知りたいときは、この本がお勧めということが書かれた本 (2人) |

| | |
|-----|--|
| | <p>コスト縮減、合理化をテーマとした構造形式についての考え方や思想の書いてある本、事例集と一緒にあると良い;電子データが理想;これの施工に関する内容のものも欲しい。</p> |
| | <p>あらゆる分野の最先端技術を取り入れての橋梁の提案とその実現可能性を評価する本。</p> |
| | <p>構造物の破壊機構・状況とそれを防ぐ対策が視覚的に理解できるもの。例えばプレートガーダーの座屈現象とそれを防止する補剛材の配置の関係が分かるもの。</p> |
| | <p>橋梁の計画段階、設計段階、施工段階、維持管理段階の各段階におけるノウハウ・要点等をまとめたもの。</p> |
| | <p>設計者の思想が反映されたものに作り上げていけるようなツール(知識、マニュアルではなく)</p> |
| | <p>橋梁技術者としての必須知識「これだけは知って欲しい 初級編・中級編・上級編」。順に 10,30,100 頁版。</p> |
| | <p>設計・製作・架設・景観デザインまでの一貫ツール。対話型、チェックポイントの解説、視覚情報の活用、景観シミュレーション</p> |
| | <p>性能照査型設計事例集:実績・実験による性能証明、現状業務で性能設計的事例(既設構造物の制約の多い補修工事における落橋防止システム、疲労きれつ損傷対応)</p> |
| | <p>鋼橋技術ハンドブック:初級技術者向け;鋼橋形式、各部構造、設計の考え方、製作技術、施工技術、文献紹介</p> |
| その他 | <p>建設する時代から、維持し管理するあるいは補修補強して維持していく時代への移行に対応した、出版物。</p> |
| | <p>設計者にも分かる積算資料。営利団体である以上コストを意識した設計も必要。公社公団基準類等は構造詳細が概ね決まってしまうっており、淡々と設計した結果のコストとなっている。設計過程段階でコストを意識できるようなものがあればと思う。</p> |
| | <p>用語辞典よりさらに詳しい辞典</p> |
| | <p>仕事に疲れたときに元気が出る本</p> |
| | <p>土木史、橋梁史等における技術者の担ってきた役割を物語風にまとめた本</p> |
| | <p>構造物の破壊機構・状況とそれを防ぐ対策が視覚的に理解できるもの。例えばプレートガーダーの座屈現象とそれを防止する補剛材の配置の関係が分かるもの。</p> |
| | <p>施工が視覚的に分かる資料:溶接工法、非破壊検査、損傷、塗装、仮組シミュレーション、架設工法・必要機材</p> |
| | <p>橋コンテスト:鋼橋エンジニアではなく、橋梁エンジニアを、材料、景観、強度、推定強度と実強度の誤差</p> |

表 4.6.2 橋梁技術者が読んでおくべき本

| 書名・雑誌名 | 理由 | 回答数 |
|------------------------|--|-----|
| 道路橋示方書 I~V | 設計・製作・架設遂行の基本、最低条件、かつ解説を読むこと;特にI,II,V。 → ツール | 18 |
| デザインデータブック | 統計的情報から詳細情報まで必要なデータがまとまっており更新されている、後の方に公式もあり便利、よく使う → ツール 実際の工事設計を進める上で必要な基準類 | 8 |
| 鋼道路橋設計便覧 | わかりやすい、設計の基本的な考え方が分かり、設計手法についても詳細に書かれている | 7 |
| 橋と鋼(大田孝二、深沢誠) | 鉄の知識は鋼橋設計者にとって常識、分かりやすい、材料の特性と橋梁とを直接結びつけた数少ない書籍 | 5 |
| 鋼道路橋の疲労設計指針 | 疲労設計を行う上では必要不可欠 | 4 |
| 合成桁の設計例と解説 | 設計の進め方が分かる、関連諸規定等の注意点も分かりやすい | 4 |
| 道路橋の横分配実用計算法 | 手計算で設計計算書を作成し橋梁設計を理解するうえで最適 | 2 |
| 名古屋高速道路公社鋼構造設計基準 | 名古屋公社の基準が製作における要点等について一番詳しく明記している。実際の工事設計を進める上で必要な基準類 | 2 |
| レオンハルトのコンクリート講座1, 2, 5 | 鉄筋コンクリートおよびプレストレスとコンクリートの原点を理解できる、1には弾性理論、実際の設計、実験値の関係が示されている。 | 2 |
| 鋼橋構造詳細の手引き | 構造検討、作図、チェック時に有効 | 2 |
| 鋼橋設計の基礎(中井博、北田俊行) | 鋼橋設計の基礎が詳細に書かれている、道示の分かりやすい解説書 | 2 |
| 絵解き鋼構造の設計 | 絵入りでとても分かり易く「橋梁の設計の基本と概念」が書かれている。若手技術者の助けになる | 2 |
| 橋梁用語辞典 | 必携、基礎的知識の獲得 | 2 |
| 鋼橋の設計と施工 | 設計のイロハが分かり易く具体的に述べられている | 2 |
| 鋼橋の疲労 | 基本を理解できる、疲労設計指針とセットで読むとベスト | 2 |
| 横河技報 | 技報として内容が最も充実している。古いものから順番に読んでみることで最近の鋼橋の技術変貌に触れることができ、現在の技術に至るまでの過程を知る意味でも大変良い。 | 1 |
| 施工便覧 | 鋼構造橋梁の製作および現場施工について分かりやすく述べられている | 1 |
| 道路橋補修・補強事例集 | 諸先輩たちの失敗事例を今後の設計者は教訓として活かすべき | 1 |
| 鋼橋 III(平井敦) | Iと併せて桁橋からつり橋まで設計の基礎が理解できる | 1 |
| 鋼道路橋の細部構造に関する資料集 | 細部構造の基本 | 1 |
| Bridge | 海外の橋梁雑誌で鋼橋、PC 橋を問わず世界中の最新橋梁プロジェクトが写真を添えて紹介されており、海外の橋梁技術に十分触れることができる。 | 1 |
| 橋梁と基礎 | いろんな情報が網羅されている | 1 |
| 鋼橋 I,II(小西一郎編) | 力学の基礎理論から鋼橋各形式別の設計理論までまとめられている | 1 |
| 支承便覧 | 解説の奥まで追及すること | 1 |
| 塗装便覧 | 解説の奥まで追及すること | 1 |
| ブリュッケン:レオンハルトの橋梁美学 | 橋梁設計の基本が書かれている | 1 |

表 4.6.3 橋梁技術者が読んでおくと良い本

| 書籍名・雑誌名 | 理由 | 回答数 |
|--------------------------|--|-----|
| 構造力学の本 | 構造解析のモデル化のためには必読、設計に必要不可欠で、基本を理解しておく必要 | 3 |
| 日経コンストラクション | 時事的な知識修得に必要 | 3 |
| 座屈設計ガイドライン(土木学会) | 座屈に悩んだときにはこの本 | 2 |
| 橋梁と基礎 | 時事的な知識修得に必要 | 3 |
| 橋梁と基礎 | 常に世の中の動向と新技術に注目すべし | 2 |
| コンクリート標準示方書 | 基本を理解しておく必要 | 2 |
| 月刊 溶接技術 | | 1 |
| 橋建協発行図書 | 時事的な知識修得に必要 | 1 |
| 鋼橋の疲労と破壊 | ケーススタディを主体として書かれている | 1 |
| コンクリート橋(横道英雄) | 1972年の時点でPRC構造や限界状態設計法を取り上げている | 1 |
| 橋の影響線の理論と計算法(渡辺昇) | 技術者として一度は自分の手で断面力の算出を試みる必要があり、そのときに欠かせない | 1 |
| 土木工事共通仕様書 | 契約的内容から品質管理まで工事に関する基本事項が書かれている | 1 |
| 鋼橋の理論と計算(ハウネック・シュタイハルト) | 橋梁の構造解析の基礎理論が整理されている | 1 |
| 鋼構造設計理論(小堀為雄、吉田博) | 部材強度の理解に参考 | 1 |
| メタルデザインデータ | 鋼道路橋設計資料集として多くの指標が提示されている(更新して欲しいが) | 1 |
| 鋼橋の計画 | ゼロから鋼橋を計画していく上で必要な内容が理解できる | 1 |
| 数学Iの教科書 | 三角関数、幾何学は図面の照査に必要 | 1 |
| コンクリート工学の教科書 | 基本を理解しておく必要 | 1 |
| 各種便覧・各設計要領 | | 1 |
| 鋼構造物設計指針(土木学会) | | 1 |
| 鋼構造物の終局強度と設計(土木学会) | | 1 |
| 鋼・コンクリート複合構造の理解と設計(土木学会) | | 1 |
| 橋のなんでも小辞典(土木学会関西支部) | 橋に関する知識を豊富にする | 1 |
| 橋のはなし II(吉田巖) | 橋に関する知識を豊富にする | 1 |
| 〇〇設計の手引き(橋建) | 他の書籍には無い設計例がある | 1 |
| 橋梁と都市 | 視野を広げるため | 1 |
| 土木学会誌 | 視野を広げるため | 1 |
| 日本鋼構造協会誌 | 視野を広げるため | 1 |
| レオンハルト/コンクリート講座3, 4, 6 | | 1 |
| 橋はなぜ落ちたかー設計の失敗学 | | 1 |